LEÇONS
DE PHYSIQUE
EXPERIMENTALE.

TOME SECOND.

#inv. 326128 #'4002631
9/2000
HT

LEÇONS DE PHYSIQUE EXPERIMENTALE.

Par M. l'Abbé NOLLET, *de l'Académie Royale des Sciences, & de la Société Royale de Londres.*

TOME SECOND.

A PARIS,

Chez les Fréres GUERIN, rue S. Jâques, vis-à-vis les Mathurins, à S. Thomas d'Aquin.

M. DCC. XLIII. [1743]

Avec Approbation & Privilége du Roy.

AXA 210:2 (1743)

LEÇONS DE PHYSIQUE EXPÉRIMENTALE.

V. LEÇON.

Sur le Mouvement compoſé, & ſur les Forces centrales.

PREMIERE SECTION.

Du Mouvement compoſé.

ON appelle *mouvement compoſé*, celui d'un corps déterminé à ſe mouvoir par pluſieurs cauſes ou puiſſances qui agiſſent ſelon des directions différentes ; tel eſt, par exemple, le

mouvement d'un bateau qui s'entretient dans la direction du canal *AB*, en obéiſſant en même tems aux deux puiſſances *C, D*, *Figure* 1.

Comme le mouvement ſimple a ſes loix, le mouvement composé a auſſi les ſiennes ; elles peuvent toutes ſe rapporter à une ſeule qui eſt énoncée dans la propoſition ſuivante, & dont elles ne ſont que des conſéquences.

Loi du Mouvement composé.

QUAND un corps eſt mis en mouvement par pluſieurs puiſſances qui agiſſent en même tems, & ſelon différentes directions, ou il demeure en équilibre, ou bien il prend un mouvement qui ſuit le rapport des puiſſances entr'elles pour la vîteſſe, & il reçoit une direction moyenne entre celles des puiſſances auſquelles il obéit.

Car lorſque deux puiſſances agiſſent en même tems ſur un mobile, ou elles ſont directement oppoſées comme *A*, *E*, *Fig.* 2. ou bien leurs directions font angle enſemble, comme *BM* & *FM*, *CM* & *GM*, &c. puiſque ſi elles ſe réuniſſoient, com-

me on le voit en *N*, il eſt évident qu'elles concourroient dans la même direction, & qu'il n'en réſulteroit qu'un mouvement ſimple dont la vîteſſe ſeroit le produit des deux forces : de ſorte que ſi l'une des deux étoit capable de tirer ou de pouſſer le corps *M* en *N*, les deux enſemble qu'on ſuppoſe égales, le feroient aller juſqu'en *K*.

Les deux puiſſances étant oppoſées dans la même ligne, le mobile ſur lequel elles agiſſent, demeure en équilibre entr'elles, en cas d'égalité; car il n'eſt pas poſſible qu'il aille en même tems à droite & à gauche ; & pourquoi ſe porteroit-il d'un côté plutôt que de l'autre, s'il éprouve d'une part autant de réſiſtance qu'il ſouffre d'impulſion de l'autre part ?

Mais ſi les puiſſances ſont inégales, le mobile obéit à la plus forte des deux, ſelon leur différence ; c'eſt-à-dire, que ſi *E* eſt à *a* comme 3 eſt à 2, le corps *M* obéit à la premiére, comme ſi ſa valeur étoit 1, différence de 3 à 2. Ainſi les puiſſances étant directement contraires, il en réſulte ou le repos, ou le mouvement ſimple, mais retardé.

Quand les puiſſances ſont dirigées de maniére qu'elles faſſent angle, ou (ce qui eſt la même choſe) que leurs directions ſe croiſent au mobile, comme *Bb*, *Ff*, alors le mouvement ſe compoſe en vîteſſe & en direction, & l'une & l'autre ſe meſure par la diagonale du parallélogramme, par les côtés duquel les puiſſances ſont exprimées. Expliquons ceci en conſidérant ſéparément dans la *Fig.* 3. les deux puiſſances *C*, *G*, & le mobile *M* de la *Fig.* 2.

Suppoſons donc que le corps *M* ſoit tiré en même tems par deux forces *C*, *G*, que nous faiſons égales en les exprimant par deux lignes de même longueur; que chacune de ces lignes ſoit diviſée en 6 eſpaces égaux & diſtingués par des chifres & par des lettres. Imaginons que *CM* eſt une régle ſur laquelle ſe fait le mouvement de haut en-bas, pendant que cette régle ſe meut parallélement à elle-même ſur la ligne *MG*. Il eſt certain que la régle mobile étant parvenue au chifre 1 de la ligne *MG*, le corps *M* ſera deſcendu d'une pareille quantité, & qu'il ne ſera ni au

point 1, ni au point *a*, mais en *h*; de même pendant que la régle parviendra au chifre 2, le corps *M* deſcendra encore d'un eſpace, & ſe trouvera au point *k*. Ce qui continuant toujours de même pendant le mouvement paralléle de la régle ſur *MG*, on voit que le mobile *M* aura paſſé ſucceſſivement par tous les points de la ligne *Mn*, diagonale du parallélogramme *MGnC*, dont les deux côtés *GM*, *CM*, expriment le rapport des puiſſances.

La longueur de cette diagonale *Mn* donne la vîteſſe du mouvement compoſé, qui, comme l'on voit, n'eſt jamais auſſi grande que la ſomme des deux vîteſſes qui la font naître; car *Mn* n'égale pas *MG* & *MC* priſes enſemble. Et ſi ces deux forces concouroient à pouſſer le mobile dans une même direction, elles lui feroient faire plus de chemin qu'il n'en fait lorſqu'elles le ſollicitent d'aller vers deux points differens. Mais en obéiſſant ainſi à l'une & à l'autre en même tems, il arrive par un chemin plus court au terme des deux tendances.

Cette même ligne devient plus courte, à meſure que les directions des puiſſances font entr'elles un angle moins aigu ; car dans le cas où ces puiſſances agiroient ſuivant les lignes *H M*, *D M*, *Fig.* 2. la diagonale ſeroit *M I*, plus longue que ne ſeroit *LM*, ou *OM*, ſi leurs actions étoient exprimées par *G M*, *C M*, ou bien par *B M*, *F M*.

De toutes les poſitions que peuvent prendre entr'elles deux forces qui agiſſent en même tems ſur un mobile, il n'y en a qu'une qui rende leurs actions réciproquement indifférentes, c'eſt lorſque leurs directions font entr'elles un angle droit, comme *CM*, *GM*, *Fig* 3. Car celle qui agit horizontalement tend à mener le mobile à la diſtance *G*, & il lui eſt indifférent que ce ſoit en *G*, ou en *n*, ou à tout autre point pris dans cette ligne. De même celle qui agit verticalement, demande que le mobile arrive à une diſtance égale à *MC*, & cette diſtance de haut en-bas ſe trouve par-tout dans la ligne *C n*. Ainſi quand l'une & l'autre force agit en même tems, chacune d'el-

les s'exerce ſur le mobile, comme s'il étoit libre de la part de l'autre ; elles ne s'aident ni ne ſe nuiſent.

Mais il n'en eſt pas de même ſi l'angle que ces deux puiſſances font entr'elles, eſt obtus ou aigu ; dans le premier cas elles ſe détruiſent en partie, & dans l'autre elles s'entr'aident. Si, par exemple, les deux forces font entr'elles l'angle *RPQ*, *Fig.* 5. le mobile vient en *S*, & la puiſſance *PQ* eſt diminuée de la quantité *TQ*, ou *St* ; & au contraire ſi les puiſſances ſont dirigées de maniére qu'elles faſſent entr'elles un angle ſemblable à *VXY*, *Fig.* 6. le mobile vient en *u*, & la puiſſance *XY* eſt augmentée d'une quantité égale à *Zu*, ou *Yy*.

La diagonale dont nous parlons, donne encore la direction du mouvement composé ; car ſi l'on applique à tout autre parallélogramme le raiſonnement que nous avons fait, lorſque nous avons ſuppoſé les puiſſances égales entr'elles, comme les deux côtés d'un quarré parfait, on verra que cette ligne ne demeure également diſtante de l'une & de l'autre puiſſance, que dans le cas d'égalité ;

& que quand les forces ſont inégales entr'elles, la diagonale eſt plus inclinée à celle des deux qui eſt la plus grande, comme on peut le voir en jettant les yeux ſur la *Fig.* 4.

Il ſuit de ces principes que ſi l'on ſçait l'angle de direction des puiſſances & leur degré de force, on connoît auſſi l'effet qu'elles doivent produire ſur le mobile, c'eſt-à-dire, ſon degré de vîteſſe, & le chemin qu'il doit tenir. Car on voit par les *Fig.* 3, 4, 5 & 6. que ſi l'on exprime la valeur des puiſſances, & leur direction, par des lignes qui ſe joignent par un bout, en établiſſant un parallélogramme ſur ces deux premiers côtés, la diagonale donnera ce que l'on cherche.

Il ſuit encore, que ſi l'on connoît l'effet commun de deux puiſſances ſur un même mobile, & l'état de l'une des deux, je veux dire, ſa direction, & ſon degré de force, on peut juger de la valeur & de la poſition de l'autre. Si je ſçais, par exemple, qu'un mobile a été porté de *P* en *S*, *Fig.* 5. par l'action de deux forces dont une eſt exprimée par *PR*, je tire la ligne *SQ* parallèle & égale

à *P R*; & en achevant le parallélogramme, je vois que *P Q* eſt l'autre puiſſance plus grande que la premiére, & faiſant avec elle l'angle de direction *R P Q*.

Nous allons joindre les preuves d'expériences aux explications & aux raiſons que nous venons d'expoſer; & pour procéder avec ordre, nous conſidérerons d'abord les effets de deux puiſſances directement contraires, & nous verrons enſuite comment ſe compoſe le mouvement produit par deux forces dont les directions ſe croiſent au centre du mobile.

Nous ſuppoſons encore que le rapport des forces demeure conſtant; c'eſt-à-dire, que pendant tout le tems qu'elles agiſſent ſur le mobile, il n'arrive à l'une des deux aucun changement qui la faſſe plus ou moins différer de l'autre, en ſorte que ſi elles ſont égales en commençant, cette égalité perſévére juſqu'à la fin : ce qui peut fort bien ſubſiſter avec des affoibliſſemens cauſés par la réſiſtance des milieux, ou par des frottemens, pourvû que ces changemens ſoient égaux de part & d'autre.

PREMIERE EXPERIENCE.

Preparation.

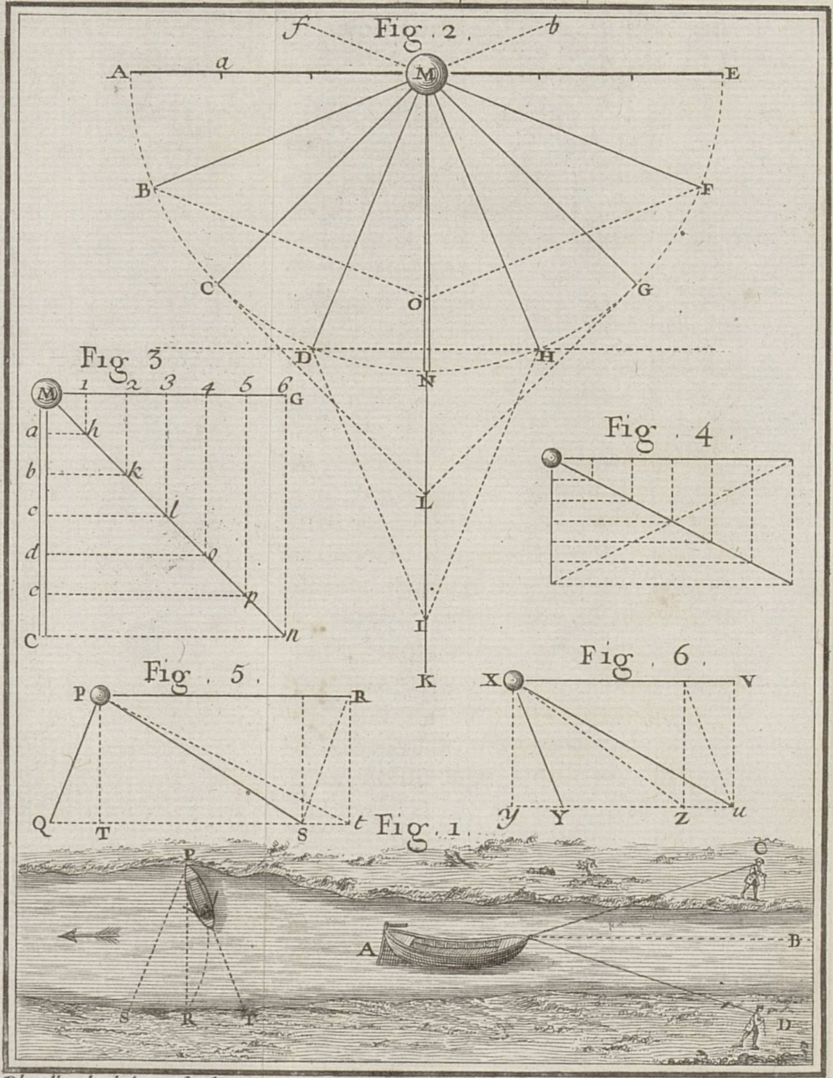
La *Fig.* 7. repréſente une table ronde, ou un guéridon, qui porte en ſa circonférence des poulies de renvoi, comme *A*, *B* ; on fait paſſer ſur ces poulies deux cordes *C A E*, *C B D*, qui tiennent d'une part au mobile *C*, & qui ſoutiennent de l'autre part un poids de plomb *D*, *E*.

Effets.

Si les deux poids ſont égaux, le corps *C* demeure en équilibre, par tout où il ſe trouve dans la ligne *AB* ; ſi le poids *E* péſe 2 onces, & que *D* n'en péſe qu'une, le corps *C* eſt emporté vers *A*, comme ſi *E* péſoit 1 once, & qu'il n'y eût aucune réſiſtance en *D* : ce qui ſe reconnoît en expoſant ſous ſa chûte une cuvette remplie de terre molle, dans laquelle il fait un enfoncement qu'on peut meſurer & comparer.

Explications.

On appelle *équilibre* en général, l'é-



Dheulland del. et Sculp.

tat d'un corps qui eſt ſollicité de ſe mouvoir en deux ſens oppoſés avec des forces égales ; cette double tendance ne peut avoir ſon effet, à cauſe que les forces qui la produiſent de part & d'autre ſont égales ; c'eſt pourquoi autant que dure cette égalité, le mobile demeure en repos. C'eſt auſſi la raiſon pour laquelle le corps *C* de notre expérience demeure par tout où il ſe trouve, dans la ligne qui joint les deux puiſſances, lorſque les poids *E* & *D* ſont égaux.

Mais ſi l'un des deux vient à augmenter, l'équilibre eſt rompu auſſitôt, & le mobile obéit au plus fort. Il ne lui obéit cependant qu'autant qu'il excéde le plus foible ; car la réſiſtance de celui-ci n'eſt point anéantie, elle ſubſiſte toujours, & ſon effet eſt de conſumer une force contraire & égale à la ſienne ; ainſi quand le mobile *C* eſt emporté par le poids *E*, ce ne peut être que par la quantité dont ce dernier ſurpaſſe l'autre.

APPLICATIONS.

Tous les corps qui ſont preſſés ou retenus entre une puiſſance & un

point d'appui, ſont autant d'exemples qui repréſentent ce que nous venons de prouver par l'expérience précédente : car nous ſçavons par la troiſiéme loi du mouvement ſimple, que la réaction eſt égale à l'action ou à la compreſſion ; ainſi quand un menuiſier ſerre un morceau de bois entre ſon établi & le valet, c'eſt le fixer entre deux puiſſances égales : on doit dire la même choſe d'un morceau de fer retenu dans l'étau d'un ſerrurier ; d'une corde tendue entre deux points fixes ; d'un bateau attaché à un pieu pour réſiſter à la violence du courant, &c.

Deux poids égaux ſont en équilibre, & par conſéquent demeurent en repos aux deux bouts d'une corde qui embraſſe une poulie, tant que cette corde eſt égale de part & d'autre; car alors chaque poids eſt autant tiré en en-haut par ſon antagoniſte, qu'il l'eſt en en-bas par ſa propre maſſe. Mais ſi la corde devient plus longue d'un côté que de l'autre, l'équilibre ne ſubſiſte plus ; la péſanteur de la quantité excédente eſt une nouvelle puiſſance qui aide à deſcendre

celui des deux poids qui eſt le plus bas. Et c'eſt une choſe à laquelle on doit faire attention, quand on conſtruit des machines pour tirer de l'eau, des pierres, des mines, &c. de ſouterrains très-profonds, ou pour élever des fardeaux à des hauteurs conſidérables; ſi l'on oublioit de faire entrer en compte le poids des cordes, on tomberoit ſouvent dans des erreurs; car ces cordes ſont ordinairement très-peſantes, & quand elles ſont étendues de toute leur longueur, elles ajoutent beaucoup à la réſiſtance qu'on s'eſt propoſé de vaincre: on s'en apperçoit ſenſiblement quand on tire d'une grande profondeur un ſceau plein d'eau; on a plus d'effort à faire quand il commence à monter, que lorſqu'il arrive en-haut.

II. EXPERIENCE.

Preparation.

La machine qui eſt repréſentée par la *Fig.* 8. eſt un plan vertical d'un pied en quarré, élevé ſur une baſe: en *H* eſt un point fixe, auquel eſt attaché un fil qui paſſe ſur une poulie *G*,

& qui porte à ſon extrémité un plomb *F*. La poulie *G* eſt mobile ſur deux fils de laton tendus parallélement d'*H* en *I*, & on la tire avec un fil qui paſſe ſur une autre poulie fixée en *I*.

EFFETS.

Lorſqu'on tire la poulie de *G* en *I*, le poids monte par la diagonale *FI*.

EXPLICATIONS.

Le corps *F* eſt mis en mouvement par deux puiſſances, dont une exige qu'il s'éléve d'une hauteur égale à *FG*; & l'autre, qu'il s'avance d'une longueur égale à *GI*. Car le point fixe qui arrête le bout du fil en *H*, & qui cauſe l'élévation du mobile *F*, doit être regardé comme une puiſſance égale à celle qui tire la poulie mobile vers le point *I*. Si ces deux forces avoient leurs effets ſéparément, le plomb parcourroit ſucceſſivement les deux lignes *FG* & *GI*; mais parce qu'elles agiſſent en même tems. & qu'elles ſont égales entr'elles, le mobile s'avance autant & à meſure qu'il monte, ce qui fait qu'il ſe meut dans la diagonale *FI*.

Cette expérience fait aſſez bien voir ce que nous avons donné comme une ſuppoſition dans la *Fig.* 3. Car le fil *FG* qui tient le plomb ſuſpendu, repréſente la régle mobile qu'on peut regarder comme diviſée en 6 parties égales, & qui diminue de longueur à meſure qu'elle s'avance ſur chacune de ſes paralléles marquées ſur le plan : c'eſt la même choſe que le corps *F* monte en s'avançant ſur le fil, ou que ce fil, au bout duquel il eſt fixé, diminue de longueur ; s'il diminue donc d'une partie, lorſqu'il ſera parvenu à la premiére paralléle, le plomb ſera en *a*: s'il diminue encore d'une partie en s'avançant à la ſeconde paralléle, le plomb ſe trouvera en *b*, & ainſi de ſuite, juſqu'à ce qu'enfin le mobile ait parcouru toute la ligne *FI*.

APPLICATIONS.

Les vols qu'on imite à l'Opera & aux autres ſpectacles, s'exécutent par une méchanique aſſez ſemblable à celle que nous avons employée dans l'expérience que nous venons d'expliquer ; on a ſoin ſeulement de pro-

portionner les piéces aux efforts qu'elles doïvent ſoutenir, & pour cacher le plus qu'il eſt poſſible les cordes aux yeux du Spectateur, on les fait avec des fils de laton aſſez menus, & en aſſez grand nombre, pour concilier en même-tems la force & la fléxibilité.

L'uſage apprend à un Batelier, que ce n'eſt point par la ligne la plus courte qu'il faut diriger ſon bateau ſur la riviére pour arriver au point le moins éloigné du rivage oppoſé ; il ſçait que s'il tendoit de *P* en *R*, *Fig.* 1. il arriveroit en quelque endroit audeſſous, comme en *S*; il ſe dirige vers *T*, & la force du courant le raméne peu à peu, en lui faiſant décrire une ligne courbe.

La raiſon de cet effet ſe préſente d'elle-même quand on fait attention que le bateau pouſſé dans une direction qui n'eſt point celle du courant, compoſe ſon mouvement des deux forces dont il éprouve l'action: auſſi voit-on que quand l'une des deux augmente, il faut que l'autre croiſſe par proportion, ſi l'on veut conſerver le même effet. Si la crue des

eaux

eaux rend le courant plus rapide, il faut travailler davantage pour arriver au même but ; ou bien il faut diriger le bateau plus haut, & ce dernier parti eſt celui que nous voyons prendre aux Bateliers établis ſur les ports pour le paſſage public.

Les poiſſons nous fourniſſent un exemple de mouvement composé, aſſez remarquable ; lorſqu'ils veulent aller de côté ou d'autre, ils frappent l'eau d'un coup de queue ; le fluide ne cédant point auſſi vîte qu'il eſt frappé, ſert de point d'appui au corps du poiſſon pour ſe tourner à droite ou à gauche. Mais quand l'animal veut aller en avant, ce mouvement eſt toujours précédé de deux coups de queue ſubitement frappés, & en ſens contraires ; le corps alors prend un mouvement composé de ces deux impulſions, il ne va ni à droite, ni à gauche, mais dans une direction qui tient le milieu entre l'une & l'autre.

Cette maniére d'aller en avant par des mouvemens obliques, & oppoſés les uns aux autres, ſe peut obſerver encore dans la plûpart des reptiles, comme les ſerpens, couleuvres,

vipéres, &c. l'habitude qu'ont ces animaux d'employer ces deux mouvemens, & de les combiner enſemble, leur donne la facilité non-ſeulement de fuir avec une grande vîteſſe, mais même de tromper ceux qui les pourſuivent par des détours fort adroits.

Les oiſeaux, & la plûpart des inſectes aîlés, compoſent auſſi leurs vols quand il s'agit de tourner; c'eſt en battant d'une aîle ou plus fortement, ou plus fréquemment que de l'autre: c'eſt une obſervation qu'on peut faire aiſément en regardant voler un papillon; l'irrégularité de ſes mouvemens eſt un effet & une preuve très-ſenſible de l'action inégale de ſes aîles.

L'art imite en quelque ſorte ce méchaniſme naturel avec lequel les animaux compoſent leurs mouvemens. Nous voyons tous les jours arriver ſur la Seine des bateaux de foin & autres, qui n'ont d'autres moteurs que le courant de la riviére, & un petit aviron court & un peu large, qu'un homme fait mouvoir continuellement de droite à gauche, à-

peu-près comme la queue d'une carpe qui nage en avant.

Mais une imitation bien parfaite & bien curieuſe de ces mouvemens composés, c'eſt l'appareil & la manœuvre admirable d'une galére, où l'on voit le bon ordre & l'habitude employer avec une adreſſe inexprimable, pluſieurs rangs de rames pour varier les vîteſſes & les directions du vaiſſeau ſelon leur beſoin.

III. EXPERIENCE.

Preparation.

A B C D, *Fig.* 9. eſt un petit billard, au bout duquel s'éléve perpendiculairement un chaſſis qui porte deux aîles tournantes *E*, *F*; à chacune de ces aîles, eſt ſuſpendu un marteau d'yvoire qui ſe meut librement autour du point *G*. On dirige les marteaux comme l'on veut, en tournant plus ou moins les aîles qui les portent, & l'on régle leurs vîteſſes dans tel rapport que l'on ſouhaite, en les faiſant tomber par des arcs plus ou moins grands, mais toujours en même-tems ſur une bille d'yvoire placée en *H*.

EFFETS.

Quand les marteaux ont des vîteſſes égales, & que les aîles ſont également inclinées à la ligne *HI*; la bille après le choc, ſuit cette derniére direction. Si les deux coups ſont inégaux, ou les directions differemment inclinées, la bille décrit une ligne qui s'écarte plus ou moins de *HI*, comme *HB*, ou *HK*, ſelon le rapport des forces qui l'ont déterminée à ſe mouvoir.

EXPLICATIONS.

Cette expérience doit s'expliquer de même que la précédente: un des marteaux qui agiroit ſeul, chaſſeroit la bille dans ſa direction; elle iroit donc vers *M* ou vers *N*; mais quand ils agiſſent tous deux en même-tems, comme il n'eſt pas poſſible qu'un même mobile ſe porte à la fois vers deux points oppoſés, la bille ainſi frappée prend un mouvement qui participe des deux vîteſſes & des deux directions. Ce qu'on voit de plus par cet exemple, c'eſt que deux forces une fois imprimées par des cauſes qui

ceſſent d'agir enſuite, ont le même effet, & compoſent le mouvement du mobile, comme ſi leurs actions étoient continues; car on a dû remarquer que deux coups de marteaux opérent ſur la bille, ce que les deux fils tirés en même-tems ont fait ſur le plomb de la ſeconde expérience.

APPLICATIONS.

Ce que l'on jette par la portiére d'un carroſſe qui roule, ou ſur le rivage quand on eſt dans un bateau emporté par le courant, ou bien de côté en courant à cheval, n'arrive jamais au but qu'on s'eſt propoſé, ſi l'on n'a égard qu'à la ſeule impulſion du bras. Car outre celle-ci, on doit encore compter ſur le mouvement de la voiture, du bateau, ou du cheval, qui eſt commun au mobile & à la main; c'eſt pourquoi quand on ſaute hors d'un carroſſe ou d'un bateau en mouvement, on doit s'attendre de tomber au-deſſous de l'endroit qu'on a vis-à-vis de ſoi à l'inſtant qu'on s'élance. Mais on ne doit pas croire que les accidens qui arrivent en pareil cas, viennent de ce que le mouve-

ment compoſé devenant plus oblique, ne porte pas le corps aſſez loin pour toucher terre, ou pour échapper à la roue ; car on peut voir par la *Fig. 3.* que ſi la ligne *M C*, repréſente le corps de la voiture, l'extrémité *n* de la diagonale en eſt auſſi loin que le point *G* ; mais le mal vient de ce qu'on ne prend point toute la vîteſſe qu'on croit prendre, parce qu'on a pour point d'appui un plan qui n'eſt point fixe, & dont le mouvement occaſionne ſouvent une chûte inopinée.

Un noyau preſſé obliquement, & qui s'échappe des doigts, eſt encore un exemple bien familier du mouvement compoſé de deux impulſions dont les effets ſubſiſtent, & conſervent leurs rapports, quoique les cauſes ayent ceſſé d'agir. Ce fait en rappelle un autre qui eſt moins commun, mais qui n'eſt guéres ignoré des joueurs de billard. Si du tranchant de la main, on frappe une bille hors du plan de ſon équateur, qui eſt perpendiculaire au tapis ſur lequel elle eſt poſée ; elle s'échappe d'abord en avant, comme le noyau preſſé obliquement de deux

côtés ; mais ce qui paroît ſingulier, c'eſt qu'après avoir ainſi avancé de 8 ou 10 pouces, elle revient en roulant vers le lieu de ſon départ.

Ce fait s'explique aiſément, quand on fait attention qu'en frappant la bille de la maniére qu'on l'a dit, on lui a fait prendre deux ſortes de mouvemens ; ſçavoir un en ligne droite, qu'elle a ſuivi d'abord, & un autre de rotation ſur elle-même, & dans un ſens contraire à ſon mouvement direct ; comme il arrive à une poulie ſuſpendue dans une chape, ſi l'on en frappe le bord obliquement. Ce dernier mouvement ne s'apperçoit pas tant que la bille ne touche point le tapis, ou qu'elle gliſſe deſſus avec trop de vîteſſe : mais quand le mouvement direct eſt aſſez rallenti par les frottemens, & qu'elle vient à poſer ſur le tapis, le mouvement de rotation qui ſe fait en ſens contraire, la raméne vers le lieu d'où elle eſt partie ; car il n'eſt pas poſſible qu'une boule tourne ſur un plan ſans changer de place, ſi elle touche ce plan par l'équateur de ſa rotation, à moins qu'on ne ſuppoſât des ſurfaces ſans

frottement, ce qui ne ſe trouve pas dans l'état naturel.

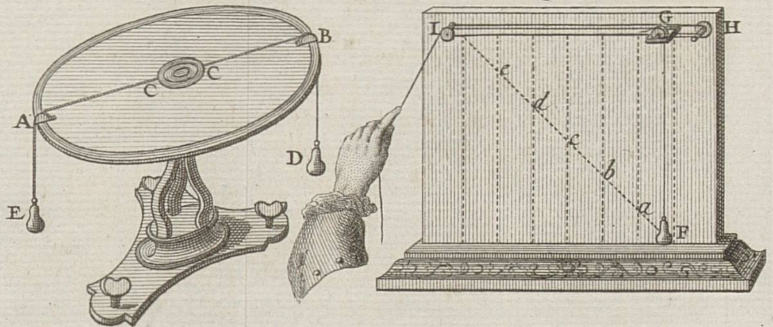
Juſqu'ici nous avons conſidéré le mouvement compoſé de pluſieurs forces, qui gardent entre elles un rapport conſtant; nous allons maintenant examiner de quelle maniére le mouvement ſe compoſe quand ces rapports changent. Quand, par exemple, de deux puiſſances qui agiſſent en même-tems, l'une devient plus forte ou plus foible, ou bien (ce qui revient au même) quand un mobile ayant reçu deux impulſions qui compoſent ſon mouvement, il ſe trouve des cauſes étrangéres ou accidentelles, qui diminuent ou qui augmentent l'une des deux; comme ſi, par exemple, le fil *FH*, * de la ſeconde expérience, au lieu de ſe raccourcir toujours d'une partie, à meſure qu'il arrive à chacune des paralléles, diminuoit d'abord d'une, enſuite d'une & demie, &c. ou au contraire.

* *Fig.* 8.

On a pu remarquer par les preuves & par les exemples que nous avons rapportés, que le mouvement compoſé ſe fait toujours en ligne droite, toutes les fois que le mobile obéit

Fig. 7.

Fig. 8.



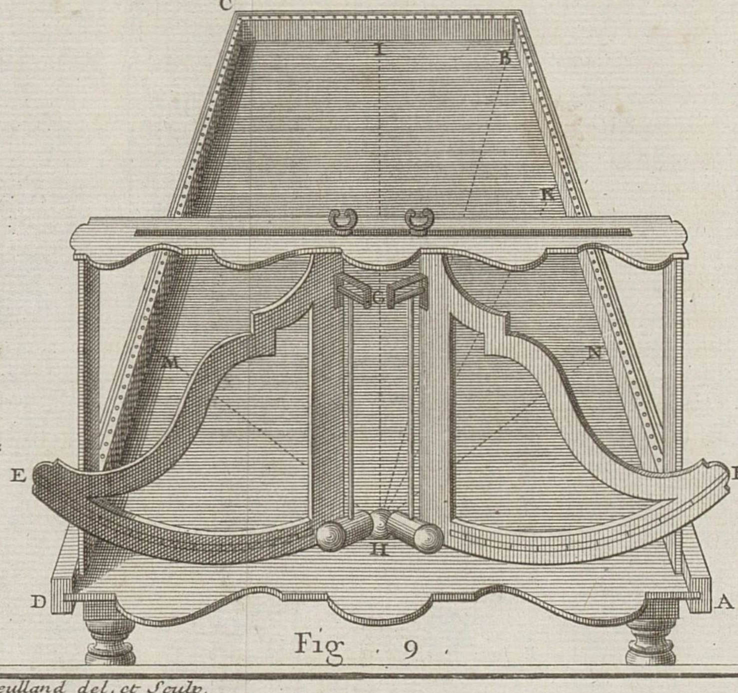


Fig. 9.

Dheulland del. et Sculp.

à deux puiſſances qui perſévérent dans le même rapport entre elles ; ſoit qu'elles ne reçoivent aucun changement, ſoit que les changemens ſoient égaux ou proportionnels de part & d'autre ; parce que les effets de chaque inſtant *m h, h k, k l*, &c. *Fig.* 3. & 4. ſe rencontrent dans la même direction, & que leur ſomme produit la diagonale *M n*. Mais il n'en eſt pas de même, ſi le rapport des puiſſances change : le produit de chaque tems infiniment petit, eſt une ligne droite que le mobile décrit toujours en conſéquence de la loi établie ci-deſſus ; mais chacune de ces lignes a ſa direction particuliére, ſelon l'état actuel des puiſſances, comme on peut le voir par la *Figure* 10. Car ſi le mobile *M* eſt pouſſé horizontalement par une force dont l'action ſoit égale dans tous les inſtans, & qu'en même-tems il obéiſſe à une impulſion de haut en-bas qui augmente de plus en plus, comme les eſpaces *M a, a b, b c*, &c. pendant le premier tems, le corps *M* parviendra en 1, à la fin du ſecond au point 2, enſuite au point 3, &c. Chacune de ces lignes, com-

me on voit, eſt une petite diagonale ; mais de leur ſuite, il ſe forme une courbe qui varie comme le rapport des puiſſances : deux expériences rendront cette théorie ſenſible.

IV. EXPERIENCE.

PREPARATION.

La Machine repréſentée par la *Fig.* 11. eſt formée de deux plans élevés verticalement, dont l'un *A B C*, plus avancé que l'autre, eſt chantourné en portion de cercle par le haut, & laiſſe en cette partie une eſpéce de goutiére *A B* entre lui & l'autre plan qui eſt plus reculé. Ce dernier eſt diviſé de *B* en *D* en trois parties égales, & de *B* en *C* en trois parties inégales qui vont en augmentant comme 1, 3, 5. Aux angles que forment entre elles les lignes de diviſion, on a fixé des anneaux perpendiculairement au plan, & le tout eſt porté ſur une baſe que l'on met de niveau par le moyen de trois vis.

EFFETS.

On laiſſe tomber une balle de métal par la goutiére *AB*, & elle décrit la courbe *BEF*, en paſſant par les anneaux.

EXPLICATIONS.

Lorſque la balle eſt parvenue du point *A* au point *B*, par l'arc de cercle qu'elle a décrit, elle a acquis une certaine vîteſſe avec laquelle elle s'échappe dans la direction *BD*; & en conſéquence de la premiere loi du mouvement ſimple, elle ſuivroit cette ligne, ſi rien ne s'y oppoſoit. Mais cette balle eſt peſante, & la peſanteur, comme nous le verrons bien-tôt, eſt une force dont la direction eſt de haut en bas, & qui donne au mobile une vîteſſe accélérée; c'eſt pourquoi lorſque la balle eſt parvenue au point *B*, & qu'elle ceſſe d'être ſoutenue par la goutiére, elle ſe trouve ſoumiſe à deux puiſſances, l'une qui eſt ſa vîteſſe acquiſe en deſcendant du point *A*, l'autre qui eſt ſa propre peſanteur. La premiére qui a ſa direction vers *D*, eſt uniforme; la

ſeconde qui eſt dirigée vers *C*, eſt accélérée: ainſi les eſpaces que cette balle parcourt en deſcendant, n'étant ni égaux entre eux, ni dans un rapport conſtant avec ceux qu'elle parcourt en avant; le changement de direction qu'elle éprouve à chaque inſtant, lui fait décrire la courbe *B E F*.

APPLICATIONS.

Des exemples ſans nombre, font voir que la peſanteur des corps change leur mouvement, quand ils ne ſont pas dirigés comme elle; c'eſt une force qui a ſon effet, comme toute autre l'auroit en pareil cas; & quand on ne l'apperçoit pas, c'eſt que l'autre puiſſance qui agit en même-tems ſur le mobile, eſt beaucoup plus grande.

Une balle de calibre tirée à 70 pas, ne paroît pas avoir baiſſé; ſi l'on en juge par les apparences, on diroit qu'elle n'a ſuivi que la ſeule impulſion de la poudre, & que ſa peſanteur n'eſt entrée pour rien dans ſon mouvement, puiſqu'elle ſemble s'être entretenue dans la vraie direction du canon.

Mais il faut faire attention à deux choſes ; la premiere, c'eſt que la vîteſſe de la balle dans une telle diſtance eſt ſi grande, que ſa peſanteur ne la feroit deſcendre que d'une très-petite quantité, ſi on la laiſſoit librement tomber pendant un pareil tems : ainſi cette chûte ne doit pas être plus conſidérable, quand un autre mouvement tranſporte le mobile. La ſeconde, (& cette raiſon eſt la plus forte,) c'eſt que les canons des armes à feu ſont plus épais, vers leur culaſſe qu'à leur embouchure, de façon que la ligne de mire *G H*, & la vraie direction de la balle, ſe croiſent en chemin, comme on le peut voir par la *Fig.* 12. Ainſi quand on croit diriger la balle en *H*, on la dirige véritablement en *I* ; & ſi l'on tire à une diſtance convenable, que l'impulſion de la poudre ſoit proportionnée au poids de la balle, & que l'angle formé par la ligne de mire & la direction du canon intérieur, ſoit dans une bonne proportion ; l'effet de la peſanteur fera baiſſer le coup de la quantité *I H*, & l'on touchera par un mouvement vraiment composé le but qu'on s'eſt pro-

poſé, n'ayant égard qu'au mouvement ſimple imprimé par la poudre enflammée.

Tous les fuſils relévent donc le coup, & quand on s'en plaint, on ne doit l'entendre que de ceux qui le font trop; car ſi le canon étoit partout d'une même épaiſſeur, le rayon viſuel ſeroit parallele à la direction de la balle; le poids du plomb feroit de néceſſité baiſſer le coup, & ce défaut de conſtruction obligeroit le tireur d'avoir égard à l'effet de la peſanteur.

Tous les écoulemens d'eau qui ne ſe font point perpendiculairement à l'horizon, font encore voir des mouvemens composés en lignes courbes, par des forces dont les actions ne demeurent pas conſtamment en même rapport dans tous les inſtans. L'eau qui tombe d'une goutiére, par exemple, part horizontalement avec une vîteſſe qu'elle acquiert en deſcendant du toît, & cette vîteſſe d'elle-même eſt uniforme; mais en même-tems elle tend à ſe mouvoir de haut en bas, avec une force qui croît dans tous les inſtans; de cette double

tendance il naît une courbe, qu'un écoulement ſucceſſif repréſente aux yeux, & ſon extrémité où ſe termine la chûte, ſe porte d'autant plus loin en avant, que la vîteſſe horizontale eſt plus grande, comme on peut le remarquer, lorſque l'écoulement eſt plus abondant; car alors la maſſe de l'eau étant plus conſidérable, elle eſt auſſi moins retardée par les frottemens, ou par la réſiſtance de l'air.

V. EXPERIENCE.

PREPARATION.

Sur deux cordes de boyaux fortement & parallelement tendues d'un bout à l'autre d'une chambre, on fait gliſſer la planche *LM*, *Fig.* 13. que l'on tire par le moyen d'une ficelle qui paſſe ſur la poulie de renvoi *N*; au milieu de cette planche mobile eſt un bout de tuyau ou de canon, dans lequel eſt un petit cylindre de bois dur, & qui peut ſe mouvoir de bas en haut ſans ſortir; deſſous eſt un marteau pouſſé par un reſſort qui ſe tend, quand on fait paſſer le manche

du marteau par la mortoiſe *L*, où il eſt retenu par une petite clavette *O*. Cette derniére piéce tient à une ficelle de 2 ou 3 pieds de longueur qui eſt fixée, comme les deux cordes, à la muraille ; on met une balle d'yvoire & de calibre dans le petit canon, & l'on tire la planche le plus uniformément que l'on peut, & avec une vîteſſe capable de lui faire parcourir environ 8 ou 10 pieds dans une ſeconde.

EFFETS.

Lorſque la planche a parcouru environ le tiers de ſon chemin, la clavette retenue par la ficelle à laquelle elle eſt attachée, détend le reſſort qui pouſſe le marteau, alors le coup porté en deſſous ſur le petit cylindre ſe communique à la balle d'yvoire ; elle eſt chaſſée du petit canon d'où elle s'éléve, & va retomber par une ligne courbe, ſur la planche qui a continué de s'avancer, pendant que la balle étoit en l'air.

EXPLICATIONS.

Si la planche *ML* demeuroit en

repos, pendant que le marteau imprime ſon impulſion, il eſt évident que la balle s'éleveroit perpendiculairement par la ligne *Pp*; il eſt inconteſtable auſſi, que ſi la balle n'avoit qu'un mouvement commun avec la planche, elle ne ſortiroit pas plus qu'elle de la direction horizontale; mais ſi elle part avec les deux mouvemens enſemble, la loi du mouvement composé exige qu'elle prenne une direction moyenne, & qu'elle s'éléve par une ligne oblique à l'horizon, comme *PQ* ou *PR*. Lorſqu'elle eſt une fois déterminée à ſe mouvoir dans une de ces lignes, elle continueroit toujours en conſéquence de la premiere loi du mouvement ſimple, ſi ſa peſanteur n'y mettoit obſtacle. Cette puiſſance, qui eſt comme réſidente en elle, & qui la ſollicite ſans ceſſe à deſcendre, l'éloigne de plus en plus de la direction qu'elle a; & comme les eſpaces qu'elle lui fait parcourir de haut en bas vont toujours en augmentant (ce que nous expliquerons d'une maniére plus préciſe en parlant des loix de la peſanteur,) il arrive que dans le tems qu'elle auroit

mis à parcourir la ligne *PR*, elle parvient au point *S*, par la ligne *PTS*, & la planche qui n'a pas interrompu ſon mouvement, ſe retrouve ſous la balle à la fin de la chûte.

APPLICATIONS.

L'expérience qu'on vient d'expliquer, fournit des réponſes aux queſtions ſuivantes.

1°. A quel ſorte de danger ſeroit expoſé un mouſſe qui ſe laiſſeroit tomber du haut en bas de la hune, pendant que le vaiſſeau eſt à la voile ? courroit-il le riſque de ſe perdre dans la mer, ou bien ſa chûte ſe feroit-elle ſur le pont?

2°. Que deviendroit une orange qu'un Cavalier courant à toute bride, prendroit ſoin de jetter perpendiculairement à l'horizon ? la vîteſſe du cheval la laiſſeroit-elle en arriére ?

3°. En ſuppoſant que la terre tourne ſur ſon axe en 24 heures, & qu'un canon ou un mortier placé ſous l'équateur, eût un mouvement d'Occident en Orient qui égalât à-peu-près 250 toiſes par ſecondes, le boulet qui ſeroit tiré perpendiculairement,

ſuivroit-il cette direction, tant en montant qu'en deſcendant ?

Il ſuit des explications précédentes que le mouſſe tomberoit au pied du mât, par une ligne qui paroîtroit verticale à ceux qui ſeroient ſur le vaiſſeau ; mais dont on appercevroit bien la courbure, ſi l'on étoit ſur le rivage : car il eſt bien vrai que cette chûte ſeroit parallele au mât qui eſt droit ; mais les différens points du mât auſquels répondroit le mouſſe en tombant, ſeroient plus avancés les uns que les autres dans la direction horizontale, & leur ſuite ſe trouveroit dans une ligne courbe, parce que la chûte ſe fait avec une vîteſſe accélérée ; ce qui s'entendra aiſément ſi l'on prend pour le mât la ligne *Mf* de la *Fig.* 10. les eſpaces interceptés entre les lettres *M*, *a*, *b*, *c*, *d*, *e*, *f*, pour le chemin que parcourt le mouſſe en tems égaux pendant ſa chûte, & la ligne *M c* ou *f* 6, pour l'eſpace parcouru horizontalement par le vaiſſeau.

L'orange du Cavalier & le boulet de canon, ſeroient préciſément dans le cas de la balle d'yvoire de notre

derniere expérience, & feroient comme elle ; ni l'un ni l'autre de ces deux mobiles ne tomberoit en arriére ; & ſi des cauſes accidentelles n'y mettoient empêchement, l'une arriveroit dans la main du cavalier, & l'autre dans l'embouchure du canon d'où il ſeroit parti ; ce qu'il eſt aiſé d'appercevoir, en appliquant à ces deux ſuppoſitions les raiſons dont nous nous ſommes ſervis, pour expliquer le mouvement de la balle d'yvoire.

Quoique ces effets puiſſent ſe conclure en toute ſûreté de la théorie, on ne doit guéres les attendre dans la pratique ; parce qu'à l'inſtant que le mobile part, ſon mouvement eſt reglé en conſéquence des deux impulſions, telles qu'elles ſont à l'inſtant du départ ; mais il arrive très-ordinairement qu'avant ſa chûte le plan mobile qui doit le recevoir, reçoit quelque changement, ou dans ſa vîteſſe, ou dans ſa direction ; ou bien le mobile rencontre des obſtacles qui dérangent les rapports des impulſions dont ſon mouvement eſt compoſé ; en pareils cas les à-peu-près

ſuffiſent, & on les a preſque toujours, ou s'ils manquent, les cauſes ſe préſentent d'elles-mêmes.

II. SECTION.

Des Forces centrales.

TOUT ce que nous avons enſeigné touchant le mouvement ſimple dans les leçons précédentes, & ce que nous venons d'expoſer dans celle-ci ſur le mouvement compoſé, fait voir qu'il n'y a aucun mouvement qui ſoit naturellement dirigé en ligne courbe ; un corps une fois déterminé à ſe mouvoir, ſoit par une ſeule cauſe, ſoit par pluſieurs enſemble, tend toujours à perſévérer dans l'état où il eſt, & cet état conſiſte à paſſer avec une certaine vîteſſe d'un terme à un autre, par la voie la plus courte qui eſt une ligne droite. Si l'on voit donc un mobile décrire une ligne courbe par ſon mouvement, il faut conſidérer le chemin qu'il fait comme une ſuite de mouvemens non interrompus, mais dont les directions

particuliéres changent à tout inſtant, & forment entr'elles des angles fort obtus, de même qu'on a coutume de conſidérer un cercle, ou une ligne courbe, comme un aſſemblage de lignes droites infiniment courtes & inſenſiblement inclinées entr'elles; telle ſeroit la ligne 1, 2, 3, 4, 5, 6 de la *Fig.* 10. ſi les parties interceptées entre ces chifres n'avoient point une longueur ſenſible.

Cette ſuite de mouvemens en lignes droites dont l'aſſemblage forme une courbe, ne peut donc point être l'effet d'une ſeule détermination, pluſieurs même ne ſuffiroient pas, à moins qu'elles ne changeaſſent continuellement de rapport entr'elles, comme nous l'avons expliqué & prouvé dans la ſection précédente.

Mais ces rapports peuvent changer, non-ſeulement quant à l'*intenſité*, c'eſt-à-dire, quant au degré de force; mais ils peuvent varier auſſi quant à la direction des puiſſances, & c'eſt une autre vûe ſous laquelle il nous reſte à conſidérer le mouvement compoſé.

Suppoſons donc que le mobile *A*,

Fig. 14. ſoit ſollicité de ſe mouvoir par deux puiſſances qui ſoient entr'elles comme les deux lignes *AC* & *AB*, tant pour l'intenſité que pour les directions, c'eſt-à-dire que leurs forces ſoient comme 1 à 3, & que leurs directions faſſent entr'elles un angle droit au point *A*. Il eſt certain que le mouvement composé commencera par *A d*, & qu'il continueroit juſqu'en *D*, ſi rien ne changeoit ; mais ſi les deux puiſſances à la fin de ce premier tems ſe retrouvent diſpoſées entr'elles comme au commencement; ſi, par exemple, la tendance vers *D* reſtant telle qu'elle réſulte du mouvement composé, l'autre puiſſance ſe dirige vers *H*, le mouvement ſe compoſera de nouveau, & le mobile parviendra en *e* : & s'il arrive encore pareille choſe, que l'une des deux puiſſances ſe dirige en *I*, on verra le mobile arriver en *f*, & de-là en *g*, & enſuite en *h*, ſi le point *K* & le point *L* deviennent ſucceſſivement les termes de la puiſſance qui étoit d'abord *A C*.

Ce que nous venons de ſuppoſer, ſe trouve réellement dans le mouvement d'une fronde, ou de tout au-

tre corps que l'on fait tourner au bout d'une corde ; car la main paſſant ſucceſſivement par les points *C*, *H*, *I*, *K*, *L*, fait paſſer la corde par les lignes *Ac*, *dH*, *eI*, &c. & comme on ſuppoſe que cette corde eſt toujours de même longueur, elle repréſente une puiſſance qui ne varie que par ſa poſition. Si l'on conſidére comme infiniment petites les lignes *Ad*, *de*, *ef*, *fg*, &c. que le mobile parcourt, leur ſuite ſera une courbe telle qu'on voit décrire à tous les corps qui ſe trouvent en pareil cas.

Tous les corps qui circulent comme la pierre d'une fronde, font donc un effort continuel pour ne plus circuler, puiſque s'ils étoient libres, ils s'échapperoient par quelqu'une des petites lignes droites qu'ils commencent à chaque inſtant, comme *dD*, ou *eE*, que l'on nomme *tangentes*. C'eſt une conſéquence de la premiére loi du mouvement, que l'expérience confirme; car ſi la corde ſe caſſe ou ſe lâche tout-à-fait, quand la fronde eſt en *d*, la pierre qu'elle porte ne continue pas ſon mouvement par les points *e*, *f*, *g*, &c. mais elle ſuit la

ligne

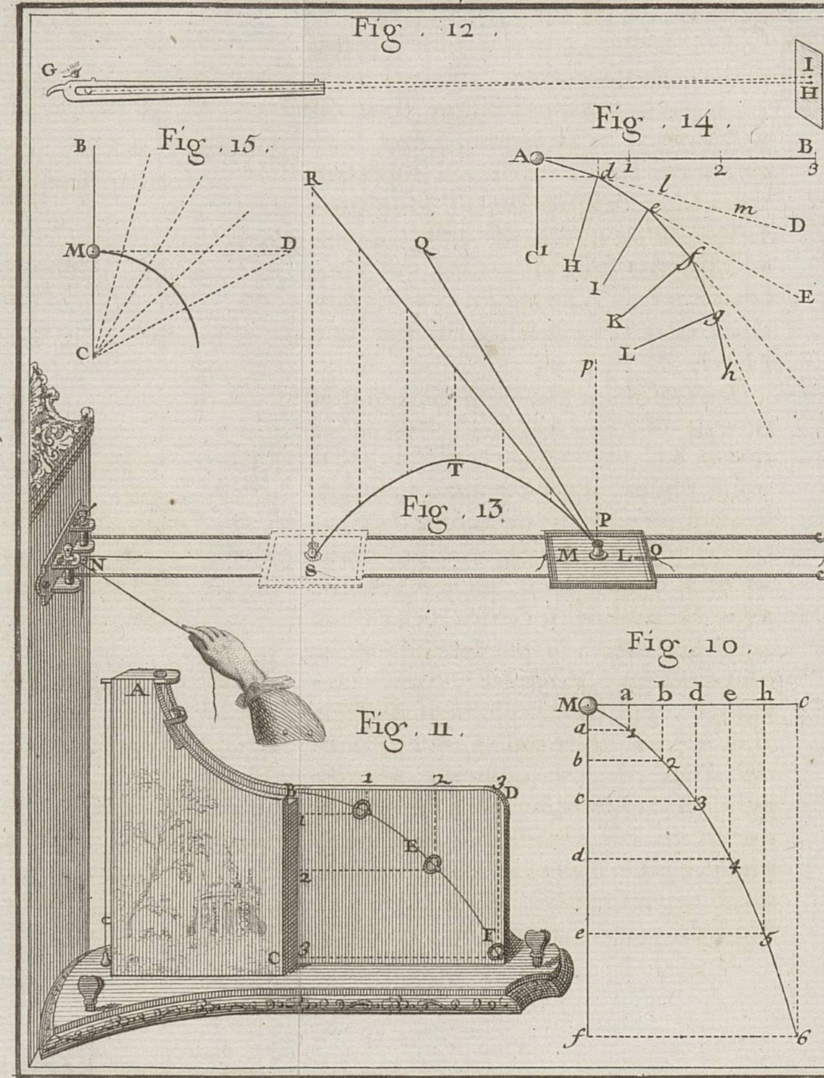
ligne *d D*; & toute l'habileté du frondeur conſiſte à bien eſtimer la tangente qui tend au but.

Mais tendre à s'échapper par la tangente, & faire effort pour s'éloigner du centre du mouvement circulaire, ce ſont deux expreſſions qu'on peut regarder comme ſynonimes; car il eſt évident que ſi le mobile *A*, au lieu d'aller de *d* en *e*, & d'*e* en *f*, continuoit de *d* en *l*, & d'*l* en *m*; il s'écarteroit de plus en plus des points *I*, *K*; on peut donc dire en général que tous les corps qu'on fait mouvoir en ligne courbe, tendent à s'éloigner du centre de leur mouvement; & que quand cette tendance n'a pas ſon effet, c'eſt qu'ils ſont retenus ou pouſſés vers ce centre, par une force contraire.

Ces deux forces qui produiſent le mouvement circulaire ou en ligne courbe, & qui ſollicitent continuellement le mobile, l'une à s'approcher, l'autre à s'éloigner du centre, ſe nomment *forces centrales*; & pour les diſtinguer l'une de l'autre, on appelle la premiére *force centripéte*, & la derniére *force centrifuge*.

Les forces centrales ſont directement oppoſées l'une à l'autre ; car quoique la force centrifuge ait ſa direction par la tangente, il faut faire attention que le rayon qui repréſente la force centripéte, s'il étoit prolongé, ſeroit coupé par cette tangente dans une ſuite de points qui vont toujours en s'écartant du centre ; rendons ceci plus intelligible par une *Figure*.

Suppoſons, par exemple, que le mobile *M*, *Fig.* 15. ſoit porté par le rayon *B C*, ſur la longueur duquel il puiſſe gliſſer, il eſt certain que ſi l'on fait tourner ce rayon autour du centre *C*, tous les points compris entre *M* & *B*, paſſeront ſucceſſivement avec le mobile ſur tous ceux de la tangente *M D* ; & par conſéquent le corps *M* en obéiſſant à la force centrifuge, gliſſera directement d'*M* en *B*. C'eſt par cette raiſon, que la corde d'une fronde demeure tendue pendant qu'on la fait tourner ; & que quand on fait circuler de même un gobelet plein d'eau, le fluide bien loin de ſe répandre, fait effort contre le fond du vaſe. Paſſons aux expérien-



Dheulland del. et Sculp.

ces, & faiſons voir d'abord, que les forces centrales ont lieu dans toutes ſortes de matiéres, fluide ou ſolide, pourvû que leur mouvement ſe faſſe en ligne courbe.

PREMIERE EXPERIENCE.

PREPARATION.

La machine qui eſt repréſentée par la *Fig.* 16. eſt une table triangulaire établie ſolidement ſur trois pieds que l'on peut caller avec des vis. Vers le ſommet du triangle on a élevé perpendiculairement un montant qui porte une roue verticale, que l'on fait tourner avec une manivelle ou autrement : cette roue par le moyen d'une corde & de deux petites poulies de renvoi, méne deux grandes poulies horizontales *A B*, enarbrées de fer, & placées aux deux autres angles de la table : ces poulies ont pluſieurs gorges dont les diamétres différent entr'eux, & c'eſt ſur le plan ſupérieur de ces poulies qu'on établit les différentes piéces qui ſervent aux expériences de cette eſpéce.

Pour celle dont il s'agit maintenant,

on attache ſur une des deux poulies *A* ou *B*, un ſupport ou portant *C D*, comme il eſt repréſenté : un fil de fer tendu d'un bout à l'autre, enfile deux boules d'yvoire d'égale groſſeur qui tiennent l'une à l'autre par une ſoie de 5 pouces de longueur, & qui peuvent gliſſer avec une grande facilité ſur le fil de métal qui les porte. On place l'une des deux boules au milieu, & l'autre à la diſtance que la ſoie peut permettre.

Effets.

1°. Quand on fait tourner la grande roue, & qu'on imprime un mouvement circulaire au portant, la boule *E* décrit un cercle, & entraîne avec elle celle qui eſt au centre du mouvement.

2°. Si l'on coupe la ſoie qui lie les deux boules, & qu'on recommence l'expérience, la boule *F* demeure au centre, & l'autre s'échappe ſeule.

3°. Si dans une troiſiéme épreuve, les boules étant liées comme dans la premiére, on les place à égale diſtance du centre de part & d'autre, elles ne partent ni l'une ni l'autre, avec

quelque vîteſſe qu'on les faſſe tourner.

EXPLICATIONS.

Lorſque le portant tourne horizontalement, le fil de fer qui eſt tendu d'un bout à l'autre, forme par ſa révolution un plan circulaire dont il eſt le diamétre, & tous les points compris dans ſa longueur, depuis le milieu juſqu'aux extrémités *C* & *D*, décrivent autant de cercles concentriques. La boule *E* par conſequent ſe trouve dans un de ces cercles qu'elle décrit auſſi ; ce mouvement lui donne une tendance à s'éloigner du centre de ſa rotation, par la tangente ; & comme elle eſt portée par un rayon qui ſe meut lui-même avec elle, elle gliſſe ſur ſa longueur, comme nous l'avons expliqué par la *Fig.* 15. Ce qui la fait mouvoir ainſi, eſt une force réelle, puiſqu'elle l'emporte ſur la réſiſtance, non-ſeulement de ſa propre maſſe, qui, par ſon inertie, demeure autant qu'elle peut à la diſtance où on l'a poſée, mais encore ſur celle d'une autre maſſe qui ne circule pas, & qu'une pareille tendance ne ſollicite point à ſortir de ſa place :

comme il paroît lorſqu'on coupe ſa ſoie ; car alors le centre de la bouſe *F* étant au centre même de la rotation, il ne peut y avoir de force centrifuge que dans ſes parties, qui tournent effectivement ; mais dans un corps ſphérique & homogéne, tel que la boule de notre expérience, les parties correſpondantes ont des forces centrifuges égales, & directement contraires, en équilibre par conſéquent : elles ſont les unes aux autres comme les deux boules *E* & *F* liées enſemble par une ſoie, & poſées à égales diſtances du centre de leur mouvement ; mais nous ſerons plus en état de faire entendre cet équilibre, quand nous aurons fait connoître comment on doit meſurer la force centrifuge.

II. EXPERIENCE.

PREPARATION.

Au lieu du portant & des deux boules d'yvoire dont nous nous ſommes ſervis dans l'expérience précédente, on en place un autre qui porte au milieu de ſa longueur un petit

réſervoir plein d'eau, auquel communiquent deux tuyaux de verre inclinés *G*, *H*, & enflés en forme de boule par les deux autres extrémités, comme on le peut voir par la *Fig.* 16.

EFFETS.

En faiſant tourner ce portant & ce qu'il contient, l'eau s'éléve du réſervoir par les tuyaux, & remplit les deux boules qui ſont à leurs extrémités.

EXPLICATIONS.

Avant qu'on imprime le mouvement de rotation, l'eau ſe tient à niveau du réſervoir, dans la partie inférieure des tuyaux; parce que ces petites colomnes du fluide font équilibre par leur poids à celles qui répondent, dans le réſervoir, à l'orifice de ces tuyaux. Mais quand ces petites portions d'eau viennent à tourner avec une certaine vîteſſe, la force centrifuge, plus grande que leur péſanteur qui leur tient lieu de force centripéte, les porte vers la boule creuſe. A meſure qu'une partie monte, une autre lui ſuccéde pour faire

équilibre à l'eau du réſervoir ; & ſucceſſivement il s'en éléve une aſſez grande quantité pour remplir & le tube & la boule.

APPLICATIONS.

Ces deux premiéres expériences prouvent bien clairement ce que nous avons avancé d'abord, que tous les corps indiſtinctement, en quelque état qu'ils puiſſent être, acquiérent une force centrifuge en tournant ; la liaiſon des parties, ou leur fluidité, ne change rien à cet effet ; cette eſpéce de force eſt comme la vîteſſe répartie à toutes les particules de matiére qui circulent, ou plutôt elle n'eſt autre choſe que leur vîteſſe même conſidérée dans cette circonſtance.

Les toupies & les pirouettes dont les enfans s'amuſent, peuvent être citées ici comme des objets d'inſtruction ; en effet, ces exemples familiers nous font voir que la force centrifuge ſe met en équilibre avec elle-même, dans les corps dont l'axe ou le centre de gravité ne circulent point ; comme nous l'avons enſeigné ci-deſſus, en mettant la boule d'y-

voire

voire au centre de la rotation ; en pareil cas ſi le mobile n'a que le mouvement circulaire ſans aucun balancement, quoiqu'il paroiſſe très-ſouvent en repos, on reconnoît aiſément que ſes parties tendent à s'écarter du centre, & qu'elles ne ſont retenues que par leur adhérence naturelle ; car ſi l'on y fait tomber quelque fluide, bientôt il ſe diſſipe, & abandonne la ſurface ſolide avec laquelle il tourne. Les roues des caroſſes & des chaiſes de poſte jettent la boue au loin ; & la meule du gagne-petit vuideroit l'auge dans lequel elle plonge en partie, & feroit une aſperſion continuelle & incommode, ſi l'on n'avoit ſoin d'arrêter l'eau qu'elle emporte de trop, par un morceau de cuir ou de chapeau, qu'on fait traîner ſur ſa ſurface.

Les ſoleils qu'on fait paroître dans les feux d'artifice, deviennent plus grands & plus beaux par leur mouvement de rotation ; car le ſalpêtre enflammé ſe répand par une infinité de tangentes & forme un plan plus étendu qu'il ne pourroit être s'il brûloit ſans tourner.

On peut mettre notre ſeconde expérience à profit en appliquant à l'élévation des eaux, ou à leur évacuation, le principe dont elle eſt la preuve ; c'eſt un moyen que l'on a déja tenté avec ſuccès, & je ne doute pas qu'en bien des occaſions on n'en pût tirer de grands avantages. La fameuſe pompe de Heſſe qui fut annoncée aux Sçavans ſous le nom de *Rotatilis ſuctor* *, que Papin devina, & qu'il employa depuis avec divers changemens, n'étoit autre choſe au fond qu'un tambour ou cylindre creux plongé dans l'eau, & dans lequel on faiſoit tourner des volans fixés à un axe ; ce mouvement faiſant circuler l'eau, lui donnoit une force centrifuge qui la faiſoit s'élever par un canal ou tuyau pratiqué à la circonférence du tambour. Pluſieurs perſonnes ont encore conſtruit des pompes, où la force centrifuge eſt appliquée d'une maniére ingénieuſe. On en trouve quelques-unes dans Ramelli, & dans le recueil des machines approuvées par l'Académie des Sciences *. On a fait auſſi ſur ce principe des ſoufflets de forges *, & des eſpéces de cribles, ou vans, pour nettoyer le

* *Actes de Leipſick. Juin.* 1689.

* *Tom.* 6. *p.* 11. *& ſ.*

* *Ibid. tom.* 5. *p.* 41.

bled ; la partie principale de ces machines eſt toujours un axe garni de volans qu'on fait tourner dans un tambour ; on imagine bien que s'il y a un trou , ou un tuyau ouvert , à la circonférence du tambour , & un autre à l'un des côtés , près du centre du mouvement , il doit ſe faire un écoulement d'air continuel par le premier : car tandis que la force centrifuge cauſe une évacuation par la circonférence , le poids de l'air auquel rien ne s'oppoſe plus alors , doit remplir le tambour par le centre.

M. Deſaguilliers profitant de ces deux déterminations qu'on peut faire prendre à des fluides par de ſemblables machines , en a fait conſtruire une * , avec laquelle il s'eſt propoſé de changer l'air de la chambre d'un malade , de renouveller auſſi celui des ſouterrains , ou des lieux qui deviennent infects par le grand nombre ou par le mauvais état des perſonnes qui les rempliſſent : comme les ſalles de ſpectacles, les réfectoires de communautés , les infirmeries , &c. Les expériences qui en ont été faites à Londres à la chambre des

* *Tranſ. Philoſoph. num.* 437.

Communes, ont fait voir que l'auteur ne s'étoit point trompé dans ſes vûes, & que cette invention offre des avantages réels.

Si l'on vouloit ſe ſervir de tuyaux inclinés, comme dans notre expérience, il eſt vrai qu'on y trouveroit le même inconvénient que dans la vis d'Archiméde. On ne pourroit guéres les appliquer qu'à des élévations d'eau médiocres, parce qu'ils exigeroient une trop grande longueur; mais il y aura bien des cas où cet inconvénient n'en ſera point un. On ſçait que le ſuccès des machines eſt redevable aux circonſtances, & que celle qui n'eſt pas la meilleure à certains égards, doit être ſouvent préférée pour d'autres raiſons qui l'emportent.

La force centrifuge eſt un moyen dont je me ſers ſouvent pour raſſembler la liqueur dans mes thermométres, quand des ſecouſſes ou quelqu'autre cauſe l'a ſéparée en pluſieurs parties. Comme ce petit accident interrompt l'uſage de l'inſtrument, & qu'il peut arriver à tous ceux qui en ont, je crois devoir dire ici le remé-

de que j'y apporte. Il eſt facile & fort ſimple. Il faut tenir le thermométre par le haut de ſa planche, & le tourner un peu vîte cinq ou ſix fois, de maniére que la boule ſe trouve dans la circonférence du cercle qu'on lui fait décrire, & ſon tube dans le rayon. La liqueur ſéparée acquiert une force centrifuge qui la réunit bien-tôt au reſte.

On ſçait une partie des effets que produit un pareil mouvement ſur les animaux. Les jeunes gens ſe divertiſſent quelquefois à faire tourner des poules après leur avoir mis la tête ſous l'aîle, pour les endormir, diſent-ils; & en effet on voit ſouvent ces animaux reſter immobiles à l'endroit où on les poſe après cet exercice; mais il y a toute apparence que c'eſt moins l'effet d'un ſommeil, que celui d'un étourdiſſement cauſé par le trouble qui s'eſt mis dans leurs ſens, & qui les empêche, tant qu'il dure, de recevoir les impreſſions qui les déterminent dans leurs mouvemens ordinaires.

Je ſçais, à n'en point douter, qu'un animal peut mourir quand on l'ap-

plique à cette épreuve. J'ai attaché par les pattes de derriére un fort lapereau, à une corde que j'ai fait tourner rapidement par deux hommes, environ 100 tours de ſuite, & lorſque l'on ceſſa il n'étoit pas mort, mais il ne put ſe ſoutenir ſur ſes pattes, & il expira quelque tems après. Un chat que l'on fit tourner de même, ne mourut point, mais il vomit beaucoup ; & quoiqu'il n'eût reçu aucun coup, on apperçut à ſa gueule quelques goutes de ſang. L'œconomie animale ſe dérange ſans doute en pareil cas, parce que la force centrifuge détermine les fluides à ſe porter vers la tête, leur cours naturel eſt interrompu par ce mouvement étranger, & leurs fonctions ceſſent.

Le jeu de bague, celui de l'eſcarpolete ſeroit dangereux par la même raiſon, ſi la poſition du corps ne prévenoit les accidens ; ſi au lieu d'y être aſſis, ou dans une ſituation qui met les vaiſſeaux à peu près paralléles à l'axe de la rotation, l'on y étoit couché de maniére que la longueur du corps fût perpendiculaire à ce même axe, je ne doute nulle-

ment qu'on n'en fût bien-tôt incommodé : peut-être auſſi pourroit-on tenter ce moyen, pour rétablir le cours des humeurs dans des membres qui ſont attaqués de paralyſie. Un Sçavant m'a prévenu ſur cette penſée, mais comme il ne fait pas ſon étude ordinaire d'anatomie, ni de médecine, non plus que moi, je crois que c'eſt aux gens de l'art à juger de ce qu'elle vaut, & de l'uſage qu'on en peut faire.

La force centrifuge n'étant autre choſe que l'effort d'un corps qui tâche de continuer ſon mouvement, par la tangente de la courbe qu'on lui fait décrire ; elle doit ſe meſurer comme le mouvement même, par la maſſe & par la vîteſſe ; ainſi de deux mobiles qui circulent avec des vîteſſes égales, celui-là a plus de force centrifuge qui a le plus de matiére ; de même auſſi, quand les maſſes ſont égales, cette même force ne peut différer que par le degré de vîteſſe.

Pour connoître le degré de vîteſſe d'un corps qui circule, il faut avoir égard à deux choſes ; 1°. à la gran-

deur de ſa révolution ; 2°. au tems qu'il employe pour la faire.

On appelle *révolution*, la courbe que décrit le mobile, à compter du point d'où il part, juſqu'à ce qu'il ſe rencontre ſur ce même point, ou vis-à-vis, ſur une ligne qui paſſe au centre. Tel eſt le cercle qui commence en *A*, *Fig.* 17. & qui finit au même point, ou la ſpirale *A E D*, qui commence & finit ſur la même ligne *D C*. *Fig.* 18.

Le tems qui s'écoule pendant que le mobile fait une révolution entiére, s'appelle *tems périodique*. La vîteſſe eſt d'autant plus grande, que le tems périodique eſt plus court, & la révolution plus ample : ainſi le mobile *A* iroit avec plus de vîteſſe que le mobile *D*, ſi l'un & l'autre parcouroit en même-tems le cercle dans la circonférence duquel il eſt ; ou bien, ſi tous deux ayant la même révolution à faire, comme *A*, *F*, le dernier faiſoit ſon tour plutôt que l'autre. De même que l'on meſure un cercle par ſon rayon, la révolution circulaire s'eſtime par la diſtance du mobile au centre ; par conſéquent ſi la diſtance de *C* en *D* eſt une fois plus

petite, que de *C* en *A*, on doit conclure que la révolution du mobile *A* eſt une fois plus grande que celle de *D*.

En comparant les forces centrifuges de deux corps, nous avons donc trois choſes à conſidérer, la maſſe, la diſtance au centre, & le tems périodique.

III. EXPERIENCE.

PREPARATION.

Sur l'une des deux poulies horizontales *A* ou *B*, de la machine qui eſt repréſentée par la *Fig.* 16. on établit un ſupport *Fig.* 19. ſur lequel ſont arrêtés quatre tubes de verre inclinés au plan, & qui ſe joignent au milieu. Dans chaque tuyau de la premiere paire, ſont renfermés deux liqueurs dont les péſanteurs ſont différentes; ſçavoir dans le premier, de l'eau commune & de l'huile de térébenthine colorée; & dans le ſecond, de l'huile de tartre avec de l'eſprit de vin. Ceux de la ſeconde paire ſont pleins d'eau avec une petite boule de cuivre dans l'un, & une de liége dans l'autre.

Quand tout eſt en repos, les deux liqueurs les plus légéres ſe tiennent dans la partie la plus élevée des tubes qui les renferment, & chacune des petites boules occupe auſſi la place qui convient à ſon poids : celle de métal demeure en bas, & celle de liége en haut de ſon tube. Mais lorſque l'on met la machine en mouvement :

Effets.

L'eſprit de vin & l'huile de térébenthine cédent leurs places à l'eau, & deſcendent dans la partie inférieure de leurs tubes ; la boule de cuivre gagne le haut du ſien, & celle de liége, tout au contraire, ſe porte de haut en-bas.

Explications.

Par le mouvement de rotation imprimé au ſupport, chaque portion des tubes, & ce qu'elle contient, décrit un cercle, & acquiert une force centrifuge ; la premiere couche d'eau qui touche l'huile de térébenthine exerce donc contre cette liqueur, toute la tendance qu'elle a

pour s'éloigner du centre de ſon mouvement : cet effort ſeroit impuiſſant, ſi la force centrifuge de l'huile étoit égale à celle de l'eau ; parce qu'étant ſoutenue par une colonne de même liqueur appuyée contre l'extrémité du tube, rien ne l'obligeroit à céder ſa place : mais elle eſt moins peſante, & l'eau, en conſéquence de ſon excès de maſſe, prévaut contre l'huile , & la précipite peu à peu; car ce qui ſe paſſe entre les deux premieres couches arrive de même pour toutes les autres : ainſi l'huile & l'eſprit de vin ſe déplacent, non par un effort poſitif de leur part, (car le mouvement circulaire donne auſſi de la force centrifuge à ces deux liquides ;) mais parce que cette force en eux n'égale point celle de l'eau; & comme la matiére eſt impénétrable, & que la place néceſſaire pour contenir la colomne d'eau ne ſuffit pas pour comprendre avec elle celle de l'huile, le lieu le plus éloigné du centre eſt occupé par celle des deux liqueurs qui a le plus de force pour s'en emparer.

On doit expliquer de même le dé-

pſacement des deux boules ; par-tout où elles ſe trouvent dans leurs tubes, chacune répond à un volume d'eau dont la maſſe eſt différente de la ſienne, en plus ou en moins. Cette inégalité fait naître un excès de force centrifuge dans l'un des deux volumes qui ſe touchent ; & de cette maniére la boule de liége plus foible que l'eau, eſt obligée de deſcendre; le cuivre au contraire prévaut, & s'éléve au-deſſus de tous les petits volumes d'eau correſpondans.

Applications.

On voit donc par ces effets, que la force centrifuge augmente comme la maſſe des corps, quand les vîteſſes ſont égales, & que la force centripéte d'une matiére, peut être l'effet de la force centrifuge d'une autre, qui circule avec elle ou autour d'elle. Le Payſan qui vanne ſon bled, nous en offre un exemple qui a mérité l'attention des Philoſophes : lorſqu'il veut raſſembler la paille qui eſt mêlée avec le grain pour l'en purger, il imprime à toute la maſſe un mouvement circulaire, & auſſi-tôt

on voit les parties les plus légéres ſe porter au centre du mouvement, parce que les plus peſantes ont plus de force pour aller à la circonférence.

On remarque auſſi que tous les corps qui flottent ſur une eau qui tourne, ſe raſſemblent vers le centre de ſon mouvement; c'eſt pourquoi l'on évite avec tant de ſoin tous les endroits de la mer & des grandes riviéres, où l'eau laiſſe appercevoir un ſemblable mouvement; car une triſte expérience a fait connoître qu'on y périt le plus ſouvent.

Mais ce qui arrive par un excès de maſſe, ſe feroit de même par une plus grande vîteſſe: un corps environné d'une matiére en circulation, quoiqu'il fût plus peſant que cette matiére, céderoit pourtant à ſa force centrifuge, ſi elle tournoit beaucoup plus vîte que lui; de maniére, par exemple, que le degré de vîteſſe dans l'une, l'emportât ſur le plus de maſſe dans l'autre. Les tourbillons de vent qui enlévent la pouſſiére & le ſable, nous en fourniſſent un exemple & une preuve; car on peut obſerver que ces corps beaucoup plus

peſans que l'air dans lequel ils tournent, ſont en plus grande quantité au centre du tourbillon, quand il commence, & qu'ils n'ont point encore acquis toute la vîteſſe du fluide.

Deſcartes en partant de ce principe, avoit ingénieuſement imaginé qu'on pourroit expliquer méchaniquement cette force centripéte des corps, qu'on nomme *peſanteur*, en ſuppoſant autour de notre globe un tourbillon de matiére très-ſubtile dont la vîteſſe ſeroit fort grande : car (diſoit-il) cette matiére, à cauſe de la rapidité de ſon mouvement, auroit beaucoup de force centrifuge ; & tous les autres corps qu'elle rencontreroit comme flottans en ayant beaucoup moins qu'elle, ſeroient obligés de lui céder dans tous les inſtans, juſqu'à ce qu'ils fuſſent arrivés à l'endroit le plus bas, c'eſt-à-dire, au centre du mouvement, ou qu'ils euſſent rencontré quelque obſtacle invincible qui les empêchât d'y aller.

Ce Philoſophe cherchant à appuyer ſon raiſonnement ſur quelques faits, pour donner plus de vraiſemblance à ſon hypothéſe, indiqua une

expérience fort curieuſe, qu'on n'a pas lieu de croire qu'il ait jamais exécutée de ſon tems, mais qui l'a été depuis, & que nous allons rapporter.

VI. EXPERIENCE.

PREPARATION.

A, *Fig.* 22. eſt un globe de cryſtal plein d'eau, avec laquelle on a fait entrer un peu d'eſprit de térébenthine coloré. Cette boule eſt ſoutenue aux poles par deux piliers ou poupées à pointes, entre leſquels elle peut tourner très-librement, lorſqu'on met en mouvement la grande roue verticale *B*, qui communique par une corde croiſée avec la poulie *C*, fixée à l'un des poles; le plan qui porte les deux piliers ou ſupports du globe, peut s'élever & s'incliner plus ou moins par le moyen de deux charniéres *D*, *D*, & d'une vis *F*, qui ſert à le fixer à la hauteur que l'on veut; le tout eſt porté ſur une table à trois pieds, que l'on met de niveau par des vis.

EFFETS.

1°. Quand on fait tourner le globe ſur ſon axe placé horizontalement, l'eſprit ou l'huile de térébenthine qui n'occupoit qu'un petit ſegment du globe en ſa partie ſupérieure, ſe diviſe en un grand nombre de petits globules qui flottent dans la maſſe d'eau renfermée avec eux, & qui peu-à-peu reçoivent comme elle un mouvement de rotation : on les voit enſuite ſe reſſerrer de plus en plus, & former autour de l'axe de la rotation commune une enveloppe, ou plutôt un ſolide, dont la figure eſt ordinairement cylindrique.

2°. Dès que l'on ceſſe de faire tourner le globe de verre, le cylindre formé par les parties d'huile colorée, ſe dilate d'abord par les extrémités, & enſuite dans le reſte de ſa longueur, juſqu'à ce que le mouvement venant à ceſſer dans l'eau, toute l'huile ſe raſſemble par ſa légéreté, à la partie ſupérieure du globe où elle étoit avant l'expérience.

3°. Si l'on recommence le mouvement de rotation, & qu'on incline l'axe

l'axe du globe lorſque les particules d'huile y ſont raſſemblées ; elles ſe portent peu à peu au pole le plus élevé, & s'y tiennent tant que dure cette inclinaiſon.

4°. Quand, au lieu d'huile colorée, on met dans l'eau une petite boule de cire ; elle eſt portée dans l'axe par le mouvement de rotation, & s'y comporte comme chacun des globules d'huile ; c'eſt-à-dire, que ſi cet axe eſt bien horizontal, elle ſe tient par-tout où elle ſe trouve dans ſa longueur, & que s'il eſt incliné, elle gagne le pole le plus élevé.

5°. Un globule d'air que l'on ſubſtitue à la boule de cire, fait voir la même choſe ; mais ſi lorſqu'il eſt à l'un des poles on arrête, ou qu'on rallentiſſe le mouvement du globe de verre, il arrive quelquefois que cette particule d'air ſe porte vers le centre de la ſphére.

6°. Si l'on met dans le globe une petite boule de cire, que l'on aura rendue un peu plus peſante que l'eau, en introduiſant au centre un petit grain de plomb, & qu'on la faſſe circuler lentement à quelques pouces de

diſtance de l'axe ; en redoublant alors de vîteſſe, on voit cette petite maſſe, quoique plus peſante qu'un pareil volume d'eau, deſcendre dans l'axe, & y demeurer conſtamment, en tournant ſur elle-même ; & lorſqu'on incline l'axe de la rotation, au lieu de ſe porter au pole le plus élevé, comme la précédente, elle prend une route toute contraire. Cette expérience eſt délicate, elle demande un peu d'habitude dans celui qui la traite ; mais quand de dix fois qu'on la tente, elle ne réuſſiroit qu'une, ç'en eſt aſſez pour prouver le principe ſur lequel ce fait eſt fondé.

Explications.

Pour bien entendre tous ces faits, il faut concevoir d'abord la maſſe d'eau renfermée dans le globe de verre, comme compoſée d'une infinité de couches fluides fort minces les unes ſur les autres, & qui vont toujours en décroiſſant de diamétre juſqu'au centre.

Quand on met le globe de verre en mouvement, la ſurface ſolide entraîne par ſon frottement celle du

fluide qui la touche immédiatement; & comme l'huile colorée en fait partie, elle eſt déplacée au premier tour. Son déplacement occaſionne ſa diviſion ; car étant portée plus bas qu'elle n'étoit , ſa légéreté éxige qu'elle remonte ; elle rencontre l'eau en mouvement qui la ſépare, & chacune de ces parties preſſée également de toutes parts par le fluide qui l'environne, prend une figure globuleuſe. Le globe continuant de tourner, le mouvement ſe communique de couche en couche à toute la maſſe de l'eau , de maniére qu'elle ſe meut enſuite comme un ſolide ; je veux dire, que toutes les parties en tournant gardent entre elles des ſituations conſtantes. Ainſi comme tous les points de la ſurface du verre *C*, *D*, *E*, *F*, *G*, *Figure* 23. à compter d'un pole à l'autre, déſignent des circonférences de cercles paralleles, de même on peut ſe repréſenter toutes les tranches d'eau qui leur répondent, comme autant de plans circulaires qui tournent parallelement ſur le même axe *A B*.

Maintenant ſi nous conſidérons

nos petits globules d'huile diſperſés dans l'eau, nous verrons que chacun d'eux eſt ſollicité à s'approcher du centre, non de la ſphére commune, mais du cercle particulier dans lequel il ſe trouve. Celui qui eſt en *a*, par exemple, & qui tourne dans ce parallele, a bien, en conſéquence de ſon mouvement circulaire, une force centrifuge, par laquelle il tend vers *F*, & avec laquelle il s'échapperoit certainement avec l'eau, ſi le globe étoit ouvert en cet endroit; mais il eſt renfermé, & il répond continuellement à un volume d'eau qui a plus de maſſe que lui, & qui tournant avec une vîteſſe preſque égale à la ſienne, lui diſpute la place la plus élevée, avec une force centrifuge prévalente; ce qui l'oblige de céder juſqu'au centre du mouvement où cette force eſt nulle. Chaque particule d'huile éprouve le même ſort dans la tranche d'eau où elle ſe rencontre; ainſi elles viennent toutes ſe ranger au centre de leur révolution particuliére, comme les chifres 1, 2, 3, 4, 5, 6, &c. & cet effet ceſſe dès que la cauſe ne ſubſiſte plus;

c'eſt-à-dire, que l'huile remonte par ſa légéreté reſpective, quand l'eau perd ſa force centrifuge en ceſſant de tourner.

Tant que l'axe de la rotation eſt horizontal, & que le mouvement eſt uniforme dans toute la maſſe du fluide, les particules d'huile rangées dans l'axe conſervent conſtamment la forme d'un cylindre; & par quelle raiſon en affecteroient-elles une autre? La figure du verre l'exige-t-elle, comme l'a penſé un Phyſicien de ces derniers tems? c'eſt un ſentiment qui eſt inſoutenable, non-ſeulement parce qu'il eſt pleinement démenti par l'expérience; mais encore parce qu'on ne trouve rien dans la théorie des forces centrales, ni dans les autres loix du mouvement, qui le favoriſe.

En effet, quand un corps plus léger que l'eau eſt pouſſé vers l'axe de la rotation commune à toute la maſſe; eſt-ce la partie du fluide qui eſt au-deſſus de lui qui le ſollicite à tomber? n'eſt-ce pas plutôt celle qui eſt au-deſſous, qui tend à le déplacer? quelle part a donc à cet effet

la ſurface du vaiſſeau & ſa figure ? quelle qu'elle puiſſe être, quand le vaiſſeau eſt plein, je n'y vois qu'un point d'appui qui retient le fluide, mais qui ne change rien à la direction des parties inférieures.

Mais ſi le raiſonnement laiſſoit quelque apparence de doute ſur cette queſtion, n'eſt-elle pas clairement décidée par l'expérience? Si la ſphéricité du verre étoit capable de convertir par ſa réaction les forces centrifuges particuliéres de chaque cercle, en une force centripéte commune, comme on l'a prétendu; je demande pourquoi l'on ne voit aucun ſigne de cette converſion, lorſqu'on fait tourner avec l'eau des parcelles d'huile, ou toute autre matiére légéres: pourquoi ces corps en venant à l'axe n'affectent-ils jamais une figure qui puiſſe faire croirequ'ils tendent à un même centre ? par quelle raiſon une boule de cire, une bule d'air, &c. demeurent-elles indifféremment dans tous les points de l'axe où ils ſe rencontrent ?

Enfin pour achever de convaincre ceux qui auroient encore quelque

doute, changeons de vaiſſeaux, mettons notre fluide dans un hémiſphére, dans un cône, dans un cylindre : ſi l'inclinaiſon des parois entre pour quelque choſe dans les effets, nous verrons ſans doute les corps légers ſe porter vers la baſe des deux premiers, & demeurer dans l'autre indifféremment où ils ſe trouveront: cette différence donneroit à la vérité quelque crédit à l'opinion que nous combattons ; mais elle ne s'apperçoit nullement, & les perſonnes mêmes les plus intéreſſées à l'y trouver, ſont convenues qu'on ne la voyoit pas, quand je leur ai repété ces expériences, avec tout le ſoin & toute l'attention poſſible.

Après un tel aveu, n'avois-je pas lieu de croire que mes preuves étoient victorieuſes ? non, voici encore une objection à laquelle il faut répondre. On oppoſe expérience à expérience; une bulle d'air, dit-on, revient du pole vers le centre de la ſphére ; elle y eſt donc pouſſée par une force qui ne peut être que la force axifuge, convertie en centripéte par réaction.

Quand le mouvement eſt unifor-

me dans le fluide, une boule de cire, une parcelle d'huile, &c. demeure dans tous les points de l'axe indifféremment & auſſi long-tems que dure le mouvement uniforme ; ſi la bulle d'air quitte le pole pour aller vers le centre de la ſphére, c'eſt un tour de main qui n'en peut impoſer qu'à ceux qui ne l'apperçoivent pas, ou qui ſont trop prévenus pour leur opinion : en effet, cela n'arrive que quand on rallentit le mouvement du globe de verre, & en voici la raiſon.

Comme le mouvement ſe communique de la ſurface du verre à la maſſe de l'eau par le frottement, il ſe rallentit de même ; mais ces frottemens ont d'autant plus d'effet, que les ſurfaces répondent à un plus petit volume d'eau : ainſi la partie du liquide qui eſt contenue ſous la ſurface ſolide *CH*, perd ſon mouvement bien plutôt que celle qui eſt ſous *G* ou ſous *F*; la vîteſſe commence donc à diminuer par les poles ; & les paralleles qui approchent le plus de l'équateur, conſervent la leur plus long-tems que les autres.

Quand la bulle d'air eſt dans l'axe,

en quelque endroit que ce ſoit, elle y eſt retenue par la force centrifuge de l'eau ; mais cette force diminue comme le mouvement circulaire, plutôt au pole qu'ailleurs ; la bulle d'air qui s'y trouve, ſort bien-tôt du lieu qu'elle occupe à cauſe de ſa grande légereté ; l'inclinaiſon des parois du verre la conduit obliquement ; mais comme en s'avançant ainſi, elle ſe rencontre dans des paralleles plus voiſins de l'équateur, & dans leſquels le mouvement, & par conſéquent la force centrifuge s'eſt conſervée, elle eſt auſſi-tôt repouſſée vers l'axe, & plus près du centre qu'elle n'étoit avant ſon déplacement.

Sur quels fondemens pourroit-on penſer que cette bulle d'air en pareil cas, ait une détermination fixée préciſément au centre ? Il arrive à la vérité qu'elle y va quelquefois ; mais c'eſt l'effet de quelque accident, balancement ou ſecouſſes dans le fluide, défaut de poſition dans l'axe, &c. car le plus ſouvent elle ne va pas juſqu'à ce terme, ou bien elle paſſe outre.

Le mouvement du fluide plutôt

rallenti aux poles qu'ailleurs, eſt auſſi la véritable cauſe par laquelle l'huile rangée en cylindre autour de l'axe, ſe dilate par les extrémités dès qu'on arrête le mouvement du verre.

Enfin quand on incline l'axe de la rotation, les corps qui s'y trouvent ſe portent au pole le plus élevé, ou à celui qui l'eſt le moins, ſelon qu'ils ſont plus légers ou plus peſans que le fluide. Ce qui prouve bien encore qu'ils n'éprouvent du centre aux poles aucune force qui les ſollicite à reſter au centre, & qu'ils ſont retenus dans l'axe par la force centrifuge, à-peu-près comme ils ſeroient dans un tuyau, ſelon la longueur duquel il leur ſeroit libre de ſe mouvoir.

Il reſte à dire comment une boule de cire que l'on a rendue plus peſante que l'eau, peut être chaſſée au centre, & y être retenue par la même action qui y conduit un autre corps plus léger que le même fluide : la même cauſe produit-elle deux effets contraires ?

Si l'on voit aller au centre du mouvement commun un corps qui circule avec un fluide, c'eſt infailli-

blement qu'il a moins de force centrifuge que ce fluide; mais cet excès de force dans celui-ci , peut venir ou de ſa maſſe , ou de ſa vîteſſe. Dans le cas préſent, c'eſt par la vîteſſe que l'eau a cet avantage ſur la boule de cire : lorſqu'on la tient à quelques pouces de diſtance de l'axe, on augmente tout-à-coup le mouvement de l'eau qui ne communique pas d'abord toute cette augmentation de vîteſſe au petit corps ſolide ; l'excès de vîteſſe qu'elle a ſur lui pendant quelques inſtans, ſurpaſſe ſon excès de maſſe qui eſt très-peu conſidérable ; ainſi la force centrifuge du fluide devenue plus grande que celle de la petite boule flottante , par cet accroiſſement de vîteſſe, chaſſe cette derniére juſques dans l'axe. Dès qu'elle y eſt , elle tourne ſur elle-même , & ſes parties prenant des forces centrifuges directement oppoſées entre elles , ſa péſanteur ne peut agir que ſelon la direction d'un pole à l'autre.

APPLICATIONS.

On voit par ces réſultats , que la penſée de Deſcartes ſur la cauſe phy-

ſique de la péſanteur, eſt moins juſte qu'ingénieuſe ; car s'il étoit vrai que les corps tombaſſent vers la terre, par la force centrifuge d'un tourbillon fluide, comme l'huile ou la boule de cire de notre expérience ; leur tendance ne ſeroit pas toujours dirigée au centre du globe, comme les phénoménes les plus connus de la péſanteur nous l'apprennent ; mais à différens points de l'axe, ce qui eſt évident par les expériences précédentes.

M. Hughens éclairé par la ſeule théorie, avoit apperçu cette difficulté bien avant que l'expérience l'eût rendue ſenſible. En trouvant l'hypothéſe d'un ſeul tourbillon inſoutenable, il imagina que le fluide, à la force centrifuge duquel on devoit attribuer la deſcente des corps graves, formoit un grand nombre de tourbillons, dont les révolutions ſe faiſoient en toutes ſortes de ſens. Ce nouveau ſyſtême n'a pas été beaucoup plus heureux que le premier : l'un eſt ſimple ; mais ſon inſuffiſance eſt prouvée : l'autre pourroit peut-être ſatisfaire à l'explication des phénoménes ; mais quel moyen d'admettre une matiére dont

le mouvement ſe fait dans toutes ſortes de directions, ſans ſe détruire ? aura-t-elle priſe ſur les autres corps, ſans l'avoir ſur elle-même ? & ſi elle ſe heurte en ſens contraire, comment ſon mouvement ſubſiſtera-t-il ?

Cette derniére opinion ſur la cauſe de la péſanteur, eſſuya beaucoup de contradictions, & donna lieu à des diſcuſſions fort curieuſes ; mais quelque ingénieuſes qu'aient été les raiſons qu'on a apportées en ſa faveur, il faut convenir, qu'elles n'ont point été aſſez fortes, pour faire regarder cette queſtion comme décidée, puiſque l'Académie des Sciences la propoſa pour ſujet du prix de l'année 1728.

Celui des Mémoires envoyés qui fut couronné, ne ſuppoſe dans le tourbillon que deux mouvemens dont les directions ſe croiſent à angles droits ; c'eſt-à-dire, que l'un a pour axe un des diamétres de l'équateur, & que l'autre ſe fait ſur les poles de ce même cercle, comme l'eau de notre globe de verre.

M. Bulfinger qui eſt l'Auteur de cette nouvelle hypothéſe, voulant

comme Deſcartes rendre ſon idée ſenſible par quelque fait, a eu à-peu-près le même ſort; il a imaginé & indiqué un moyen * pour faire tourner en même-tems le globe de verre ſur deux axes qui ſe coupent à angles droits; mais ce n'étoit point là l'eſſentiel : il falloit que la maſſe d'eau contenue dans ce globe, prît les deux mouvemens qu'on ſuppoſe dans le tourbillon; mais c'eſt ce qui n'arrive pas, & ce qui ne peut arriver; je ſuis ſûr du fait pour avoir fait l'expérience avec ſoin, & pour l'avoir répetée pluſieurs fois devant des témoins bien clair-voyans. En appliquant une marque à la ſurface extérieure du globe de verre, on voit que ces deux rotations n'ont lieu que par rapport au globe ſeulement; mais que relativement à quelque point fixe pris au dehors ou au dedans de la ſphére, l'une des deux ſe réduit à une eſpéce de mouvement qui décrit un 8 de chifre, & dont la révolution entiére par conſéquent ſe fait en deux ſens contraires, par rapport aux objets qui ſont dehors ou dedans le globe de verre;

* Fig. 24.

d'où l'on voit que l'eau contenue dans ce vaiſſeau ne reçoit pas en même tems deux mouvemens de rotation, comme on le pourroit croire, & comme on l'a prétendu; car le mouvement ſe communique du globe au fluide qu'il renferme, par le frottement de ſa ſurface intérieure; mais quoique ce globe tourne ſur deux ſens, les differens points de ſa ſurface ne décrivent point des cercles qui ſe coupent à angles droits. On ne doit donc pas être ſurpris de ce que, lorſqu'on en vient au fait, les corps légers ne ſont voir qu'une tendance à l'axe, comme dans les expériences d'une ſeule rotation, & non pas une direction au centre de la ſphére, comme on l'avoit imaginé. Voyez les Mémoires de l'Acad. des Sciences, pour l'an. 1741. p. 184.

Quoique les hypothéſes & les expériences que nous venons de rapporter, n'ayent point l'avantage d'expliquer d'une maniére bien ſatisfaiſante, pourquoi les corps ſublunaires tendent à ſe porter vers le centre de la terre; nous ſçavons pourtant, à n'en pas douter, qu'une matiére flui-

de qui circule peut précipiter, non-ſeulement des corps plus legers qu'elle, mais même ceux qui ont plus de maſſe. Si ce principe, qui eſt inconteſtable, n'a pas été juſqu'ici appliqué aſſez heureuſement, pour réſoudre pleinement la queſtion, nous ne devons pas déſeſpérer qu'il ne le puiſſe être un jour. Il me paroît plus raiſonnable de croire que d'autres pourront faire ce que nous n'avons pas fait, que de regarder comme abſolument impoſſible ce que nous avons tenté inutilement.

V. EXPERIENCE.

PREPARATION.

Sur les deux poulies horizontales de la machine repréſentée par la *Fig.* 16. il faut fixer les deux ſupports *A*, *B*, *Fig.* 20. & 21. les deux lettres précédentes déſignent deux boëtes qui gliſſent fort librement ſur deux fils de métal tendus parallélement d'un bout à l'autre du ſupport, & dont on peut varier les poids, en mettant dedans des rondéles de plomb. *C*, *D*, ſont encore deux boëtes qui gliſſent

verticalement entre deux fils paralléles de métal ſoutenus & tendus par deux potences d'acier : l'on peut auſſi varier leurs poids. Ces boëtes ſont jointes entr'elles par des cordons & par des poulies de renvoi ; de maniére que *B* ne peut s'avancer vers le bout du ſupport, ſans enlever d'autant la boëte *D*. Sous chacune des deux premiéres boëtes il y a un petit reſſort très-foible, qui traîne ſur une crémaillére dont les dents ſont preſque à fleur du plan, & qui empêche la boëte de revenir en arriére, quand elle s'eſt avancée. Le ſupport depuis le milieu de ſa longueur juſqu'à ſon extrémité, de part & d'autre, eſt diviſé en pouces & en lignes, pour régler la grandeur de la révolution de chaque boëte *A*, ou *B*, par la longueur du rayon au bout duquel on l'a poſée.

Effets.

1°. Les deux boëtes *A*, *B*, étant également peſantes, comme auſſi les deux autres *C*, *D* : ſi l'on place les deux premiéres à 4 pouces de diſtance du milieu de leurs ſupports,

& qu'on faſſe tourner l'une & l'autre avec des vîteſſes égales, en mettant la corde dans les gorges des deux poulies horizontales, qui ſont égales entr'elles; chacune des deux boëtes *A* & *B*, s'échappe en même tems vers l'extrémité de ſon ſupport, & enléve la boëte *C*, ou *D*, qui lui fait réſiſtance.

2°. Le même effet arrive, quand la boëte *A* péſe deux fois autant que l'autre, & que celle-ci eſt au bout d'un rayon une fois plus long. Si, par exemple, *A* péſant 4 onces eſt au chifre 4, il faut placer *B* péſant 2 onces au chifre 8.

3°. Mais ſi les poids reſtant égaux, l'on met l'une des deux boëtes à 4, & l'autre à 8 de diſtance, celle-ci part, & la premiére reſte en place, à moins qu'on n'augmente le mouvement.

4°. Enfin tout étant diſpoſé comme dans le cas précédent, ſi l'on veut que les deux boëtes *A*, & *B*, s'échappent en même tems, il faut doubler le contrepoids de celle qui eſt à une diſtance double du centre, & cela réuſſit.

EXPLICATIONS.

Nous avons dit ci-deſſus que l'eſtimation des forces centrifuges dépendoit de trois choſes ; de la maſſe du corps qui circule, de ſa diſtance au centre du mouvement, & du tems périodique de ſa révolution. Dans les expériences que nous venons de citer, les tems périodiques ſont égaux, parce que les deux poulies horizontales ſur leſquelles ſont établis les deux ſupports, & qui leur diſtribuent l'action du moteur commun, ſont toutes deux de même grandeur : le milieu de chaque ſupport eſt toujours le centre de la révolution, & par conſéquent on en régle la grandeur par la diſtance que l'on met entre le centre & la poſition de la boëte : la maſſe du mobile eſt connue par le plomb dont on le charge ; & l'on peut connoître la quantité de la force centrifuge, par la valeur du poids *C*, ou *D*, qu'elle enléve, & qui doit être conſidéré comme une force centripéte.

Dans le premier cas, & dans le ſecond, les forces centrifuges paroiſ-

ſent égales dans les deux mobiles, puiſqu'ils enlévent dans le même inſtant des réſiſtances égales. Et elles le ſont en effet : car d'abord la maſſe, la diſtance au centre, le tems périodique, tout eſt égal de part & d'autre : enſuite les maſſes à la vérité, & les diſtances au centre ſont différentes ; mais comme elles ſont en raiſon réciproque, l'une compenſe l'autre. Car nous avons dit & prouvé que la force centrifuge augmente autant par la vîteſſe que par la maſſe : or ici la vîteſſe dépend de la diſtance au centre, puiſque les tems périodiques ſont égaux ; ce ſont deux mobiles, dont l'un décrit un cercle une fois plus grand que l'autre dans le même tems, n'eſt-ce point aller avec une vîteſſe double ? Ainſi comme 2 de vîteſſe & 1 de maſſe équivaut à 2 de maſſe & 1 de vîteſſe, les forces centrifuges de nos deux mobiles ſont égales, quand leurs diſtances au centre ſont en raiſon réciproque de leur poids.

Dans le troiſiéme cas, la vîteſſe eſt plus grande dans l'un des deux ; il décrit un plus grand cercle, dans le

tems que l'autre en parcourt un plus petit ; la force centrifuge doit donc être auſſi plus grande : & le quatriéme cas nous apprend que cet excès ſuit celui de la vîteſſe, puiſque la force qui en réſulte, enléve une réſiſtance double.

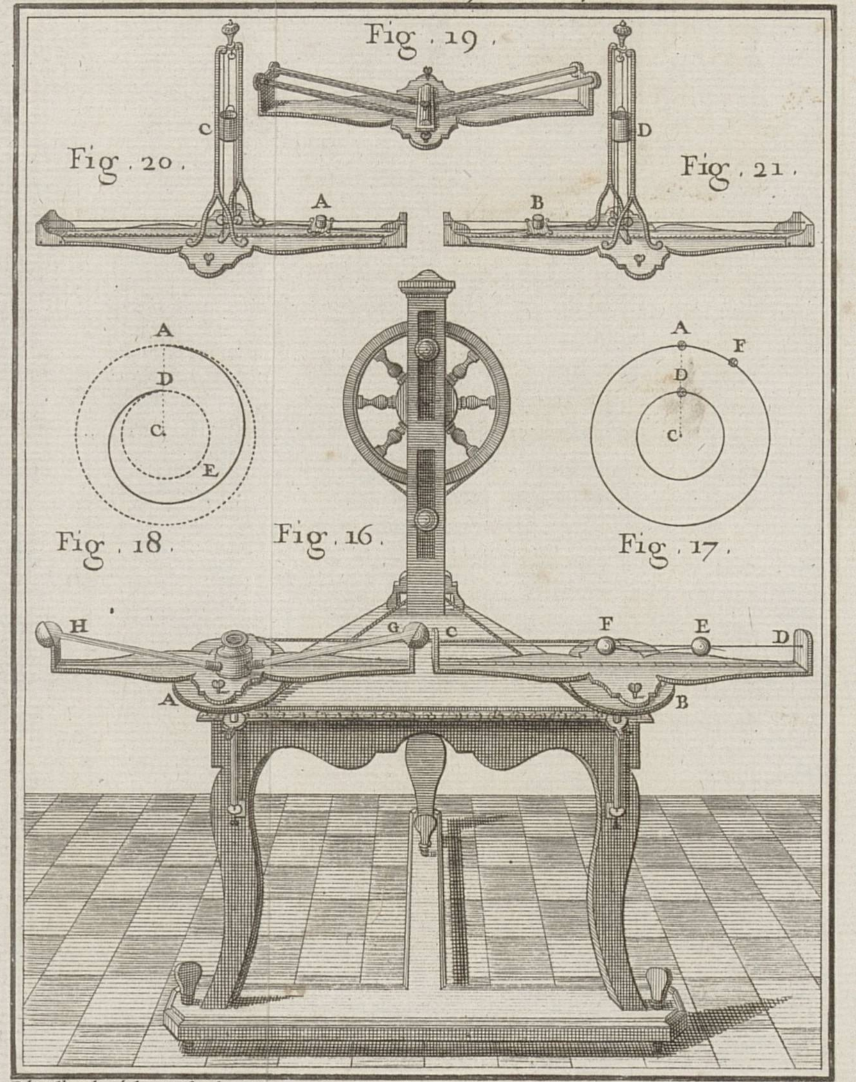
APPLICATIONS.

Lorſque l'on a poſé l'une des deux boëtes *A*, ou *B*, de l'expérience précédente, à une certaine diſtance du centre, ſi la dent de la crémaillere ne la retenoit en place, on conçoit aiſément que le poids *C*, ou *D*, l'entraîneroit par le rayon à l'extrémité duquel elle eſt. On voit auſſi que quand on la fait tourner avec aſſez de rapidité, ſa force centrifuge la fait aller dans un ſens contraire, & que les dents de la crémaillere n'ont rien à faire. Mais entre ces deux excès, il eſt un certain degré de force centrifuge, qui feroit un juſte équilibre avec le poids *D*, & s'il pouvoit ſubſiſter, il eſt hors de doute que le mobile continueroit ſes révolutions, ſans s'approcher ni s'éloigner du centre.

C'eſt une choſe qui devient évi-

dente, ſi l'on ſe rappelle le troiſiéme cas de la premiére expérience. Deux boules d'yvoire, de poids égaux, liées par un fil & placées à diſtances égales de leur mouvement, ſe font réciproquement équilibre, & ne ſe déplacent point avec quelque vîteſſe qu'on les faſſe tourner. Les maſſes étant égales, leurs forces centrifuges ne peuvent augmenter que par la vîteſſe; mais tant qu'elles ſont dans le même cercle, on ne peut augmenter celle de l'une qu'on n'augmente en même tems, & également, celle de l'autre; ainſi leurs forces ſont toujours égales & directement contraires. Dans quelque inſtant que l'on conſidére donc un de ces mobiles, il eſt en équilibre entre ſa force centrifuge & celle de ſon antagoniſte; & c'eſt par cette égalité de forces oppoſées, qu'il s'entretient conſtamment à la même diſtance du centre, ou (ce qui eſt la même choſe) que ſes révolutions ſont toujours ſemblables entr'elles.

Les corps céleſtes ont des mouvemens qui doivent s'expliquer ſelon ces principes. Si la lune tourne autour de la terre, la terre elle-même



Dheulland del. et Sculp.

& les autres planetes autour du ſoleil, en faiſant des révolutions ſi bien réglées, qu'un Aſtronome en connoît la durée & l'étendue avec la derniére préciſion ; c'eſt que tous ces aſtres ſont ſollicités en même tems par deux puiſſances : d'un côté la force centrifuge, qui réſulte de leur mouvement preſque circulaire, tend à les éloigner du centre de cette révolution ; du côté oppoſé, ils ſont retenus par une force centripéte, dont l'exiſtence eſt avouée de tous les Philoſophes, quoiqu'ils ſoient encore peu d'accord ſur la nature de ſa cauſe. Si l'une de ces deux forces ceſſoit d'agir, ces grands mobiles viendroient ſe précipiter au centre du monde ; ou bien ils iroient ſe perdre dans l'immenſité des cieux; mais n'ayons point de pareilles craintes, & ne nous arrêtons point à de vaines fictions. L'Etre qui a été aſſez ſage pour arranger l'univers tel qu'il eſt, a pourvû à la durée de ſes oeuvres, par des loix ſur l'infaillibilité deſquelles nous devons compter.

Nous ne nous étendrons pas davantage ici ſur l'application que l'on

peut faire des forces centrales aux mouvemens des corps céleſtes; parce que nous en traiterons à part dans la Leçon qui regarde le ſyſtéme général du monde.

APRE'S avoir fait connoître d'où naiſſent les forces centrales, & de quelle maniére on doit en faire l'eſtimation, je pourrois examiner les différens rapports qu'elles peuvent prendre entr'elles, & toutes les ſortes de courbes qui peuvent naître de ces changemens : mais ces queſtions ne peuvent guéres ſe traiter comme il convient, ſans employer des démonſtrations géométriques, qui ne ſeroient point entendues par la plûpart de ceux pour qui j'écris. D'ailleurs ce ſeroit paſſer les bornes que je me ſuis preſcrites, dans des leçons où je n'ai prétendu enſeigner que par voie d'expérience. Je paſſerai donc légérement ſur cet article, & je me contenterai de faire entrevoir méchaniquement les principaux effets qui doivent arriver, lorſque les forces centripétes & centrifuges ne perſévéreront point dans le même rapport pendant une ſeule, ou pendant plusieurs

pluſieurs révolutions de ſuite.

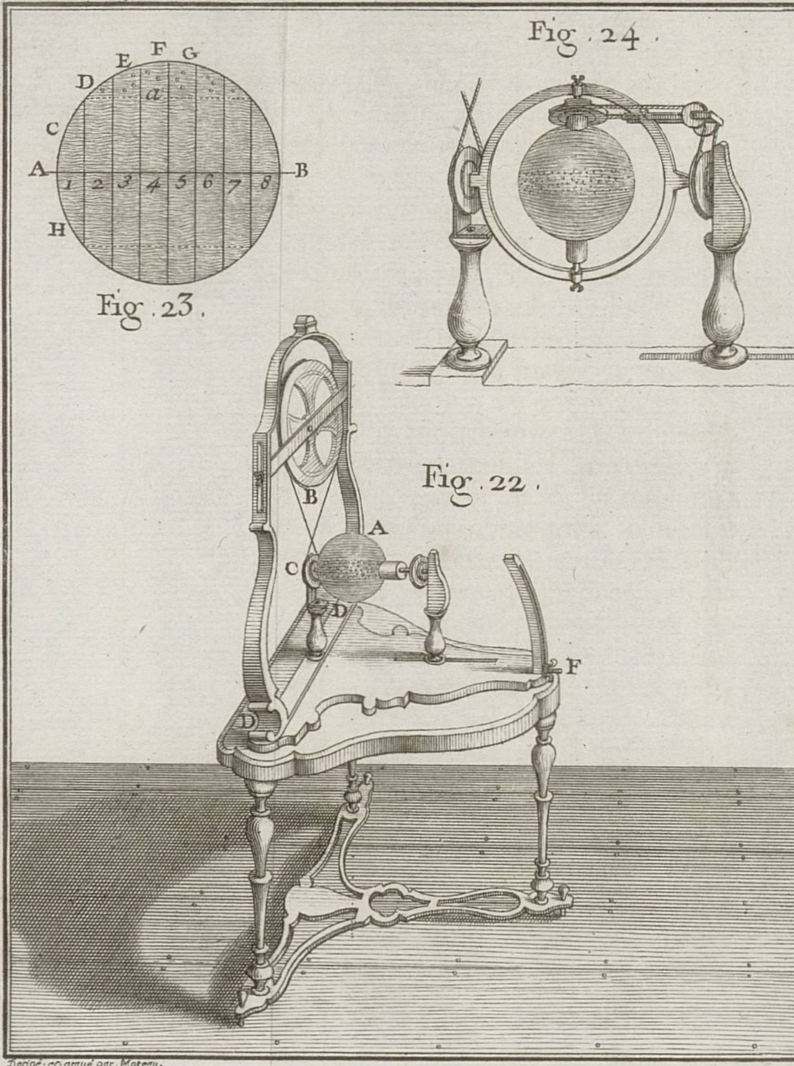
Pour prendre une idée des différentes formes que peut recevoir la courbe de révolution par ces changemens, prenons un fil que nous replierons ſur lui-même, & dont nous joindrons les deux bouts enſemble par un nœud. Qu'il ſoit retenu d'une part à une épingle fixée perpendiculairement à quelque plan, & de l'autre qu'on le tienne tendu avec le bout d'un crayon, comme on le voit en la *Fig.* 25. Le crayon ſera le mobile; l'effort que l'on fera pour tenir le fil tendu, exprimera la force centrifuge; & la longueur du fil, ou plutôt, la diſtance qu'il entretiendra de l'épingle au crayon, repréſentera la force centripéte.

Si l'on proméne le crayon ſur le plan autour de l'épingle, & que le fil le tienne toujours à une diſtance égale, il eſt évident que la ligne de ſa révolution ſera un cercle; puiſque pendant tout le tems de ſon mouvement, il aura été au bout d'un rayon de même longueur; & l'on jugera avec raiſon qu'un mobile fait une révolution parfaitement circulaire,

quand ſes forces centrales ne changent point pendant qu'il ſe meut.

Mais ſi pendant qu'on proméne le crayon, on diminue la diſtance qui eſt entre l'un & l'autre, en faiſant prendre au fil la forme d'un triangle, comme *a d c*, *Fig.* 25. ou autrement ; la ligne de révolution, au lieu d'être la circonférence d'un cercle, comme ci-devant, ſera toute autre courbe, comme *b c*, dont la nature dépendra des proportions qu'on aura miſes entre les degrés de raccourciſſement du fil & leurs durées. Cet effet fera comprendre qu'un mobile, dont les forces centrales varient entr'elles pendant ſa révolution, décrit une courbe relative aux changemens de leurs rapports ; & l'on en pourra tirer les conſéquences qui ſuivent.

1°. Que ſi les rapports qui auront été changés pendant la révolution, ſe rétabliſſent dans leur premier état, avant qu'elle ſoit entiérement finie, la courbe que décrira le mobile, telle qu'elle puiſſe être, rentrera ſur elle-même ; & ſi les rapports des forces varient enſuite, comme ils ont varié



Desiné et gravé par Moreau.

d'abord, la ſeconde révolution ſera parfaitement ſemblable à la premiére, &c.

2°. Que ſi ces rapports ne ſe rétabliſſent point, & que la force centripéte, par exemple, ſoit plus foible au commencement de la ſeconde révolution, qu'elle n'étoit en commençant la premiére, la courbe ne ſera point rentrante; le mobile en s'éloignant du centre de ſon mouvement, décrira des ſpires plus ou moins réguliéres, ſelon le progrès de la force centrifuge, ou la diminution de la force centripéte.

Enfin pour donner un exemple des courbes réguliéres, qui peuvent réſulter de la variation des forces centrales, au lieu de retenir le fil par un ſeul point fixe, attachons deux épingles, *F*, *f*, *Fig.* 26. & faiſons toujours mouvoir le crayon de maniére que le fil ſoit auſſi tendu qu'il peut l'être; nous aurons par la révolution entiére une eſpéce d'ovale que les Géométres appellent *ellipſe*. Le caractére principal de cette courbe eſt, que deux lignes tirées des points *F*,*f*, (qu'on nomme *les foyers*,) à tel point

que ce puiſſe être de la circonférence, comme FG, fG, ou bien FL, fL, que ces deux lignes, dis-je, priſes enſemble, égalent la longueur du grand axe HI.

Un mobile décrit donc une ellipſe, lorſque par les variations des forces centrales, ſa diſtance à l'un des deux foyers F, ou f, diminue & augmente réguliérement, comme les lignes FH, FM, FG, &c. & réciproquement, quand on lui voit décrire une pareille courbe, on peut légitimement conclure, que les forces centrales ſe mettent dans les rapports convenables, pour le mettre ſucceſſivement dans tous les degrés de diſtance d'où elle procéde.

Ces différens mouvemens s'exécutent encore fort bien, avec la même machine que nous avons employée précédemment, & qui eſt repréſentée par la *Fig.* 16. en y joignant ce qui ſuit.

VI. EXPERIENCE.

PREPARATION.

La *Fig.* 27. repréſente une table

ronde qui a environ deux pieds & demi de diamétre, ouverte au centre par un trou rond large de 3 pouces ; cette table s'attache ſolidement & parallélement ſur celle de la machine, *Fig.* 16. mais de maniére qu'il reſte entre l'une & l'autre une diſtance d'environ un pouce, pour donner la liberté au mouvement de la poulie horizontale *A* ou *B* : au centre de cette poulie on fixe avec des vis une eſpéce d'alidade coudée, ſur la longueur de laquelle gliſſe très-librement une boëte *R*, qui péſe environ 2 onces, & ſous laquelle on a attaché un porte-crayon. En *S* eſt un barillet garni d'un reſſort, & qui tire à lui la boëte *R*, par le moyen d'un cordonnet de ſoie, qui tient d'une part au porte-crayon, & de l'autre à une fuſée qui tient au barillet, & ſur laquelle il fait pluſieurs tours.

EFFETS.

Lorſqu'on fait tourner la poulie horizontale, l'alidade ſe met en mouvement ; & pendant qu'elle circule, la boëte gliſſe d'*r* en *R*, & le crayon marque ſur un carton qui couvre la

table ronde, une ligne ſpirale qui commence en *r*, & qui finit en *R*,

Explications.

La boëte *R* mue circulairement reçoit une force centrifuge : dès que cette force vient à excéder la puiſſance du reſſort qui retient le mobile, celui-ci s'éloigne auſſi-tôt du centre de ſon mouvement. Il gliſſe en ligne droite ſur l'alidade ; mais c'eſt une ligne droite qui ſe meut elle-même, & dont tous les points décrivent des cercles concentriques. Ainſi comme le mobile paſſe par tous les points de cette ligne, à la fin de chaque révolution il ſe trouve dans la circonférence d'un plus grand cercle, que celui où il étoit, en la commençant, & de ce double mouvement naît la ſpirale qu'on trouve tracée ſur la table après l'expérience.

Applications.

C'eſt par des lignes ſemblables à celle que nous venons de faire connoître, que viennent au centre du mouvement tous les corps qui circulent avec d'autres dont la force

centrifuge prévaut. L'huile colorée du globe rempli d'eau, la paille qu'on fait tourner avec le grain pour l'en ſéparer, les corps qui flottent ſur une eau qui tourne, &c. tous ces mobiles ne viennent point en ligne droite au centre commun, c'eſt toujours en circulant de maniére que la courbe qu'ils décrivent rentrant au-deſſous d'elle-même, diminue juſqu'à zero l'étendue de ſes révolutions ; ce qui eſt la même choſe que d'aller au centre par une ligne ſpirale.

VII. EXPERIENCE.

PREPARATION.

Les choſes demeurent diſpoſées comme dans l'expérience précédente, excepté ſeulement qu'au lieu du barillet à reſſort, on ne met qu'une petite poulie qui tourne horizontalement ; & au point *T*, *Fig.* 28 une autre petite poulie, dont l'axe eſt auſſi vertical. Deſſous la boëte *V* eſt encore une poulie qui tourne ſur le porte-crayon ; & un fil dont les bouts ſont liés enſemble comme celui de la *Fig.* 25, embraſſe les trois poulies,

EFFETS.

Lorſqu'on met l'alidade en mouvement avec une vîteſſe ſuffiſante, le mobile *V* décrit exactement l'ellipſe *TVX*, dont les deux foyers ſont *TY*; & s'il fait pluſieurs révolutions, c'eſt toujours en repaſſant ſur la même ligne.

EXPLICATIONS.

La force centrifuge du mobile tient toujours le fil auſſi tendu qu'il peut l'être ; mais à cauſe des deux points fixes *TY*, ſa diſtance au point *Y* diminue & augmente ſucceſſivement & réguliérement, comme celle du crayon au point *F* de la *Fig.* 25. c'eſt pourquoi ſa révolution ſe fait exactement dans une ligne ſemblable à celle de cette figure ; & comme les circonſtances demeurent les mêmes, pendant les révolutions ſuivantes, le mobile continue auſſi de ſe mouvoir dans la même ellipſe.

APPLICATIONS.

La connoiſſance de l'ellipſe, & de ſes principales propriétés, eſt d'autant

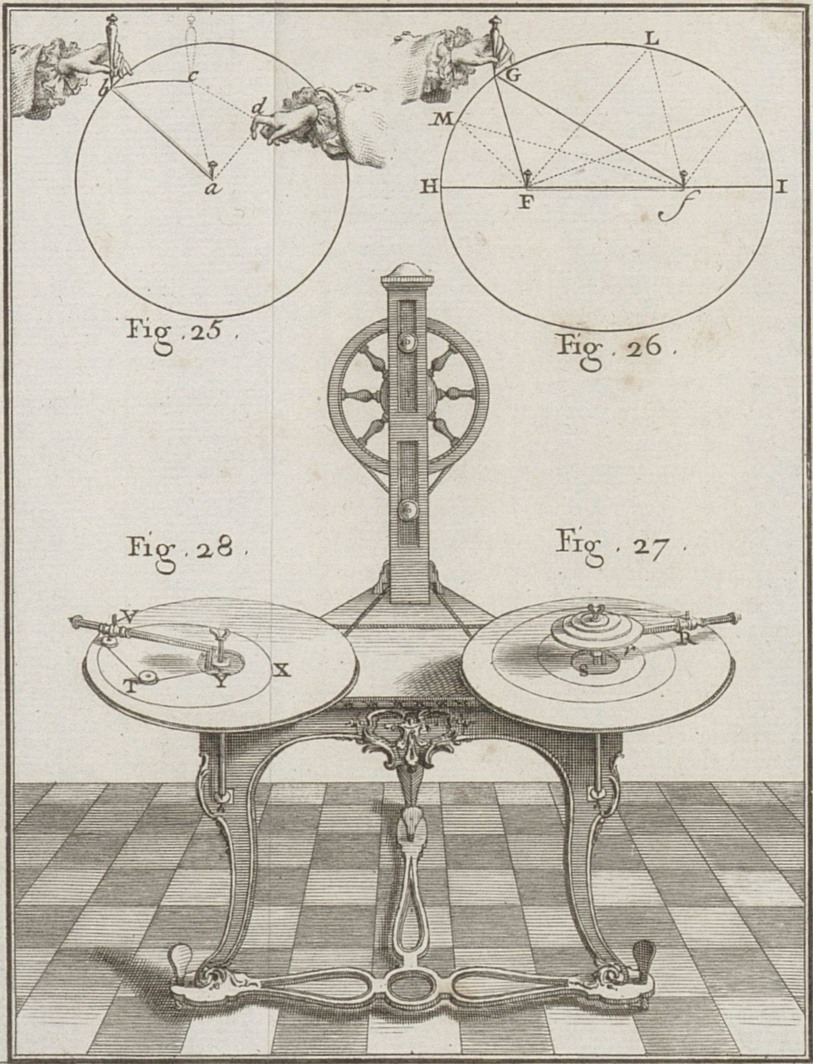


Fig. 25. Fig. 26. Fig. 28. Fig. 27.

Deſſiné et Gravé Par Moreau.

tant plus intéreſſante, que tous les corps céleſtes font leurs révolutions dans des courbes rentrantes de cette eſpéce ; l'Aſtronomie plus éclairée maintenant qu'elle ne l'étoit dans des tems plus reculés, n'admet plus ces cercles excentriques, auſquels on étoit obligé d'avoir recours, pour expliquer certaines variations que l'on obſerve depuis long-tems dans les diſtances des aſtres ; c'eſt un ſentiment preſque univerſellement reçu que les *aphelies* & *périhélies* des planétes primitives, que les *apogée* & *périgée* de la lune ſont des ſuites néceſſaires d'un mouvement elliptique ; mais ne prévenons point ici ce que nous devons dire ailleurs touchant les mouvemens céleſtes ; contentons-nous d'avoir établi des principes que nous rappellerons, lorſque l'ordre des matiéres demandera que nous expliquions la forme, la durée, les rapports, &c. de ces révolutions, & que nous tâchions d'en indiquer les cauſes phyſiques.

tant plus intereſſante, que tous les corps céleſtes font leurs révolutions dans des courbes rentrantes de cette eſpèce ; l'Aſtronomie plus éclairée maintenant qu'elle ne l'étoit dans des tems plus reculés, n'admet plus ces cercles excentriques, auſquels on étoit obligé d'avoir recours pour expliquer certaines variations que l'on obſerve depuis long-tems dans les diſtances des aſtres ; c'eſt un ſentiment preſque univerſellement reçu que les *aphélies* & *périhélies* des planètes primitives, que les *apogées* & *périgées* de la lune ſont des ſuites néceſſaires d'un mouvement elliptique ; mais ne prévenons point ici ce que nous devons dire ailleurs touchant les mouvemens céleſtes ; contentons-nous d'avoir établi des principes que nous rappellerons, lorſque l'ordre des matières demandera que nous expliquions la forme, la durée, les rapports, &c. de ces révolutions, & que nous tâchions d'en indiquer les cauſes phyſiques.

VI. LEÇON.

Sur la Gravité ou Péſanteur des Corps.

ON appelle *gravité* ou *péſanteur*, cette force qui fait tomber les corps de haut en-bas, lorſque rien ne s'oppoſe à leur chûte, ou que les obſtacles ne ſont pas ſuffiſans pour les arrêter.

Les Philoſophes ne ſont point d'accord entre eux ſur la cauſe de cette force. Les différentes opinions que cette queſtion a fait naître, peuvent ſe ranger en deux claſſes; les unes regardent la péſanteur comme un principe de la nature, comme une qualité inhérente & primordiale des corps, qui peut n'avoir d'autre cauſe que la volonté tout-à-fait libre du Créateur; & c'eſt couper court à toutes difficultés: les autres prétendent qu'elle eſt l'effet de quelque matiére inviſible; mais les preuves ſur leſ-

quelles elles ſont appuyées (il faut l'avouer) ont eſſuyé de grandes objections, auſquelles il ne paroît pas qu'on ait encore pleinement répondu.

Dire avec Ariſtote & ceux qui l'ont ſuivi, que les corps en ſe portant de haut en bas, obéiſſent à un principe qui les fait tomber ; ce n'eſt rien dire qui puiſſe éclairer l'eſprit.

Regarder avec Newton la péſanteur des corps ſublunaires, comme la ſuite naturelle d'une gravitation générale, qu'on obſerve dans toute la nature, & dont il a ſi bien calculé les loix ; c'eſt abandonner la cauſe pour s'attacher à l'effet.

Prétendre avec la plûpart des Newtoniens d'aujourd'hui, que cette péſanteur des corps qui nous environnent, n'eſt qu'un exemple particulier d'une tendance ou *attraction* réciproque, que tous les êtres matériels ont naturellement les uns vers les autres, par la ſeule volonté de Dieu ; c'eſt introduire en Phyſique une nouveauté qui s'eſt préſentée à l'eſprit de Newton ; comme à celui de pluſieurs Philoſophes avant lui, * mais qu'il n'a pas

* *Kepler, Frenicle, Roberval.*

voulu qu'on lui imputât, s'il en faut croire ſes propres paroles.*

Mais auſſi attribuer comme Gaſſendi, la chûte des corps à certains écoulemens d'une matiére qui agiſſe comme celle de l'aimant; n'eſt-ce point indiquer une cauſe bien obſcure, bien vague, & dont l'exiſtence n'eſt fondée ſur rien de certain?

Enfin nous avons vû en parlant des forces centrifuges, quelle a été la penſée de Deſcartes ſur cette queſtion, en quoi ſon hypothéſe eſt défectueuſe, ce que pluſieurs grands hommes ont fait depuis pour la rendre recevable, & pour la défendre; & tout bien conſidéré, il ſemble que ceux qui voudront n'entendre, ſur la cauſe phyſique de la péſanteur, que des explications qui ſoient en même-tems ſatisfaiſantes & intelligibles, ne doivent point les chercher dans aucun ouvrage, qui ait été connu juſqu'à préſent.

Tenons-nous-en donc aux phénoménes; ſi la cauſe échappe à notre curioſité, nous avons de quoi nous en dédommager, par la connoiſſance des effets: autant celle-là eſt incer-

* *Philoſ. Naturalis Princ. Mathem. tom. 1. pag. 11. ed. Genev.*

taine, autant celle-ci eſt bien conſtatée, & ce qu'elle peut nous apprendre eſt également curieux & utile.

Avant Galilée, c'eſt-à-dire, il y a environ un ſiécle, on étoit peu inſtruit des loix de la péſanteur : c'eſt à ce Philoſophe Italien que nous ſommes redevables des plus intéreſſantes découvertes qu'on ait faites ſur cette matiére. Sa théorie a été généralement reçue de tous les ſçavans, & c'eſt ſur ſes fondemens que Meſſieurs Hughens, Newton, & Mariotte, ont travaillé depuis avec tant de ſuccès & d'applaudiſſemens. Je ne me propoſe point de faire entrer dans cette leçon, tout ce que ces grands hommes ont enſeigné touchant la péſanteur; cette entrepriſe excéderoit les bornes que je me ſuis preſcrites, & c'eſt dans leurs écrits mêmes qu'il faut les étudier, quand on veut tout ſçavoir ce qui eſt connu ſur cette matiére; mais en ſuivant toujours le plan que je me ſuis fait, dès le commencement de ce cours, je ferai choix des propoſitions les plus intéreſſantes, & je les appuyerai ſur des preuves d'expérience.

Je traiterai d'abord des effets qui

viennent de la peſanteur ſeule ; & je paſſerai enſuite à ceux où cette force n'entre que pour une part.

PREMIERE SECTION.

Des Phénoménes où la Péſanteur agit ſeule ſur le Mobile.

IL ne faut point confondre ces deux termes, *péſanteur* & *poids*, quand on les prend dans le ſens abſolu, c'eſt-à-dire, quand ce qu'ils expriment s'entend d'un ſeul corps, ſans aucune comparaiſon avec d'autres corps. Par *péſanteur*, on doit concevoir la force qui ſollicite les corps à deſcendre, & qui leur fait parcourir de haut-en-bas un certain eſpace, dans un tems donné. Par *poids*, nous entendons la ſomme des parties péſantes qui ſont contenues ſous le même volume.

La péſanteur appartient également à toutes les parties d'un même corps; qu'elles ſoient unies ou ſéparées, cette force n'en eſt ni augmentée, ni diminuée : mais le poids d'un corps

change comme la quantité de matiére qui le compoſe. Qu'on laiſſe tomber en même tems deux onces de plomb, elles deſcendront avec la même vîteſſe, ſoit qu'elles tiennent enſemble, ſoit qu'elles ſoient ſéparées ; mais le poids dans l'une des deux, n'eſt que la moitié de ce qu'il ſeroit, ſi elles ne faiſoient qu'un même corps.

On peut donc dire en parlant exactement, qu'un petit corps a autant de péſanteur qu'un plus grand, quoiqu'il ait moins de poids, parce que l'un & l'autre tendent de haut-en-bas avec la même vîteſſe.

Mais quand on compare deux matiéres enſemble par rapport à leurs poids, & que l'on prend un volume déterminé pour terme de comparaiſon, comme lorſque l'on compare un pouce cube d'eau avec un pouce cube de mercure, le poids comparé s'appelle péſanteur *ſpécifique*, c'eſt-à-dire, la quantité de parties péſantes qui appartient ſpécialement à telle ou telle matiére, ſous un volume donné. On dira donc, par exemple, la péſanteur (en ſous-entendant *ſpé-*

cifique) de l'eau eſt à celle du mercure comme 1 eſt à 14, pour dire que le dernier de ces deux fluides, à volume égal, a 14 fois autant de poids que l'autre. Nous donnerons à la fin de l'Hydroſtatique, une table des péſanteurs ſpécifiques des matiéres les plus vulgairement connues; mais avant que d'en venir à cet examen, tout ce que nous dirons doit s'entendre de la péſanteur abſolue.

Quoiqu'on ne puiſſe pas dire que la gravité eſt eſſentielle à la matiére, puiſqu'on la peut concevoir, ſans ce penchant qu'elle a pour aller vers le centre de la terre; cependant une longue & continuelle expérience ne nous permet pas de croire, que de tous les corps qui ſont en notre pouvoir, il y en ait aucun exemt de cette affection. Si quelques Philoſophes ont penſé qu'il y eût des corps naturellement légers, c'eſt qu'ils ont été trompés par les apparences, & qu'ils ignoroient des choſes qu'on a ſçû depuis. Ces corps qu'ils ont crû ſe mouvoir de bas-en-haut, comme les vapeurs, la fumée, la flamme, &c. n'affectent cette direction con-

traire à celle de la péſanteur, que parce qu'ils ſont dans certaines circonſtances qui les y forcent. Que l'on faſſe ceſſer ces cauſes, & bientôt on les verra tomber comme tous les autres corps, & prouver par leur chûte, qu'ils péſent comme eux, & dans le même ſens.

PREMIERE EXPERIENCE.

Preparation.

On met ſur la platine d'une machine pneumatique, un bout de groſſe chandelle allumée, ou bien un petit morceau de papier trempé dans une liqueur faite avec l'étain & le mercure, & qui fume beaucoup; on met deſſus un récipient cylindrique de verre, qui a 4 pouces de diamétre & environ un pied de hauteur; & l'on fait le vuide le plus promptement & le plus parfait qu'il eſt poſſible. Voyez la *Fig.* 1.

Effets.

Après quelques coups de piſton, la flamme de la chandelle s'éteint, & quand l'air eſt ſuffiſamment raré-

fié, la fumée de la méche, ou la vapeur qui s'eſt élevée du papier retombe à la maniére des corps graves, & s'étend ſur la platine.

EXPLICATIONS.

La flamme ne pouvant ſubſiſter dans un air trop raréfié, par des raiſons que nous dirons ailleurs, lorſqu'on a diminué la denſité de celui qui eſt dans le récipient, la chandelle s'éteint; mais lorſque cet air eſt raréfié à un certain degré, non-ſeulement la fumée ou la vapeur ne s'y éléve plus, mais celle même qui avoit gagné le haut du récipient, ſe précipite, parce que le fluide qui l'environne étant moins péſant qu'elle ſpécifiquement, ne peut ni la ſolliciter à monter, ni s'oppoſer efficacement à ſa chûte. Il ne faut point paſſer légérement ſur ce principe, parce qu'il ſert à expliquer une infinité de phénoménes de cette eſpéce. Examinons donc en détail ce qui ſe paſſe dans cette expérience, & voyons comment l'air & la fumée changent de péſanteur relativement l'un à l'autre.

Une matiére rarefiée eſt celle qui,

ſous un volume donné, n'a plus un auſſi grand nombre de parties propres, qu'elle avoit avant ſa raréfaction. L'air du récipient, après pluſieurs coups de piſton, eſt réduit à un petit nombre de parties, ſans rien perdre de ſon volume, car il remplit toujours le récipient ; chaque portion priſe au hazard dans ce vaiſſeau, contient donc moins de particules d'air, ou bien eſt compoſée de parties beaucoup plus écartées les unes des autres, qu'elles ne l'étoient avant la raréfaction. Ainſi comme le poids ſuit le nombre des parties matérielles, une ligne cube de cet air péſe moins qu'une ligne cube du même air non rarefié. Ce que nous diſons de ce petit volume doit s'entendre, par proportion, d'une ſuite de volumes ſemblables poſés les uns ſur les autres en forme de colomne ; d'où l'on peut concevoir, que ſi la maſſe d'air contenue dans le récipient eſt diviſée en un certain nombre de colomnes pareilles, chacune d'elles péſera plus ou moins, ſuivant que la maſſe totale aura été plus ou moins raréfiée.

La fumée, ou la vapeur dont la ſource eſt placée au fond du vaiſſeau, peut être auſſi conſidérée ſous des petits volumes, dont la ſuite ſera une colomne; & ſi l'on compare un volume de vapeur à un pareil volume d'air, on conçoit bien que celui des deux qui a le plus de parties péſantes, a plus de forces pour aller à l'endroit le plus bas, ou pour s'y tenir.

Ainſi l'air étant dans ſon état naturel, éléve les vapeurs, la fumée, la flamme, &c. parce qu'à volume égal, il a plus de poids; mais quand on l'a raréfié, c'eſt-à-dire, quand on a diminué le nombre des parties péſantes de ce volume égal, il ne peut plus les élever, il ne peut pas même les ſoutenir, & la fumée répandue dans le vaiſſeau, ſe trouvant alors plus péſante relativement à l'air, qui a changé de denſité, le déplace à ſon tour, par ſa gravité naturelle.

APPLICATIONS.

De tous les corps qui ſont à la ſurface de la terre, il ſe détache continuellement des corpuſcules qui, lorſqu'ils ont quitté la maſſe dont ils faiſoient partie, ſe répandent & s'élé-

vent dans l'atmoſphére, juſqu'à ce que certaines circonſtances les déterminent à retomber. Ces petits corps connus ſous le nom de *vapeurs* & d'*exhalaiſons*, ſont la matiére d'une infinité de phénoménes admirables, étonnans & néceſſaires relativement à nos beſoins. Nous ferons mention ailleurs des différentes formes qu'ils prennent, & de leurs principaux effets, nous ne voulons parler ici que de leurs mouvemens, c'eſt-à-dire, de la maniére dont ils s'élévent & retombent, à quoi nous conduit naturellement l'expérience que nous venons d'expliquer.

Cette queſtion peut ſe réduire à quatre chefs principaux, ſçavoir, 1°. comment ces corpuſcules ſe détachent de leurs maſſes; 2°. par quelle cauſe ils s'élévent dans l'air; 3°. de quelle maniére ils s'y ſoutiennent à une certaine hauteur; 4°. & enfin pourquoi il arrive qu'ils retombent vers la ſurface de la terre.

Quant à la premiére demande, l'opinion la plus univerſellement reçûe eſt, qu'il regne ſur notre globe, & au-dedans, un certain degré de cha-

leur qui entretient en mouvement les parties inſenſibles de tous les corps. Ce mouvement, dit-on, détermine celles de ces parties qui ſont les plus ſubtiles, & par conſéquent les plus mobiles, à quitter la maſſe commune, comme on le remarque viſiblement à la ſurface de l'eau que l'on fait chauffer, des viandes & des fruits que l'on fait cuire.

Il eſt aſſez vraiſemblable que la chaleur naturelle, ou artificielle, eſt la cauſe principale de cet effet; mais on a peine à croire qu'elle ſoit la ſeule, quand on conſidére que l'évaporation ne diminue pas toujours comme la chaleur. Dans les hyvers les plus rigoureux, on voit quelquefois d'un jour à l'autre diſparoître la neige qui couvroit la ſurface de la terre, & l'expérience a fait voir à pluſieurs habiles Phyſiciens, que la glace diminue conſidérablement dans l'air le plus froid & le moins expoſé aux rayons du ſoleil.

Je ne ſçais s'il faudroit en conclure, ſelon l'opinion d'un Auteur *

* Muſchenbroek dans ſes comment. ſur les exper. de Florence, 1. part. p. 137. *ed. de Leide.* 1731.

fort verſé dans la Phyſique expérimentale, que la glace a un principe interne de dilatation qui n'eſt point la matiére du feu, ni le degré de chaleur qui a pû s'y conſerver, mais le mélange d'une autre matiére très-ſubtile qui la fait comme fermenter.

Ne pourroit-on pas s'en tenir à des principes connus & avoués de tous les Phyſiciens, en diſant que dans les cas où il ne paroît pas qu'on puiſſe attribuer l'évaporation à la ſeule action du feu, on doit en chercher la cauſe dans la grandeur des ſurfaces, dans leur état, ou dans la nature du fluide ambiant, par rapport à celle des corps qui s'évaporent. Car, toutes choſes égales d'ailleurs, il eſt certain qu'un cube de glace iſolé préſente à l'air ſix fois plus de ſurface, que l'eau d'un vaſe dont l'ouverture ſeroit égale à un des côtés de ce cube : les parties évaporables ont donc ſix fois plus de liberté de s'échapper de la maſſe.

Mais à ſurfaces égales en apparence, n'a-t-on pas lieu de croire que les parties de la glace donnent plus de priſe à l'air que celles de l'eau ? N'en

eſt-il

eſt-il pas de ce fluide comme de tous les autres ? à meſure qu'il approche de la congélation, ſa fluidité ne diminue-t-elle point par degrés ? les parties ne commencent-elles point par ſe pelotonner, avant que de ſe lier enſemble ? Et ſi la glace n'étoit qu'un aſſemblage de ces petites maſſes, ou petits compoſés plus groſſiers que les parties de l'eau, ſa ſurface raboteuſe, ſinon pour nos ſens, au moins pour un contact proportionné à ces petites rugoſités, ne donneroit-elle pas plus de priſe à l'air qui la touche ?

Si ceci n'eſt qu'une conjecture par rapport à la glace, on ne peut nier que ce ne ſoit une choſe évidente par rapport à la neige. Au premier coup d'œil on remarque que ſa ſurface eſt un aſſemblage de molécules légers & à jour, pour ainſi dire, de tous côtés ; & cette légéreté eſt d'autant plus grande que la neige s'eſt formée dans un tems plus froid.

Mais quel avantage prétendons-nous tirer de cette augmentation de ſurface pour l'explication du fait dont il s'agit ? En ſuppoſant que la maſſe

d'air qui environne les corps puiſſe contribuer à leur évaporation, d'une autre maniére que par le degré de chaleur qu'elle peut leur communiquer, il eſt certain que cet air aura d'autant plus d'action ſur les corpuſcules évaporables, qu'il les touchera dans une plus grande étendue, ou (ce qui eſt la même choſe) que ces petits corps tiendront par moins d'endroits à leur maſſe commune. On peut donc dire en général, que les mêmes parties d'un corps (de l'eau par exemple) ſont d'autant plus diſpoſées à s'exhaler, qu'elles ſont plus iſolées; & qu'en conſéquence, la neige ou toute autre congélation de ce genre peut s'évaporer autant, & peut-être plus que l'eau contenue dans un vaſe.

Mais que peut faire, dira-t-on, l'air extérieur ſur ces petites parties preſque iſolées ?

Non ſeulement il aura plus d'avantage pour les détacher de la maſſe, en les heurtant de côté & d'autre, mais il employera pour les enlever directement, les mêmes moyens qui les font monter, quand elles ſont entiérement détachées.

Celui de ces moyens qui eſt le plus connu & le plus généralement reçû, c'eſt ſon excès de péſanteur. On dit communément que ces petits corps qui forment les vapeurs & les exhalaiſons, étant ſpécifiquement moins péſans que l'air qui les environne, s'élévent dans l'atmoſphére, comme la fumée de notre expérience s'eſt élevée dans l'air du récipient, & qu'ils montent ainſi juſques dans la moyenne région, où ils ſe trouvent en équilibre avec un air plus rare: la difficulté a toujours été de faire entendre, comment les parties évaporées des corps terreſtres pouvoient acquérir cette légéreté reſpective, capable non-ſeulement de les élever au-deſſus de l'air, mais encore de vaincre la réſiſtance du frottement, qui s'oppoſe continuellement à leur aſcenſion : on a toujours peine à comprendre comment de l'eau, par exemple, peut devenir plus légére qu'un fluide qui, à volume égal, péſe environ 800 fois moins qu'elle.

Quand on ſuppoſe ces particules fort diviſées, leur extrême petiteſſe aide à concevoir, comment elles ſe

ſoutiennent en haut par le frottement, qui s'augmente comme les ſurfaces multipliées par la diviſion ; mais cette réponſe qui léve une difficulté, quand il ne s'agit que d'expliquer la ſuſpenſion des vapeurs, en fait naître une autre très-conſidérable, quand on examine leur aſcenſion. Car le même frottement qui les ſoutient leur fait obſtacle, quand elles ont à monter, & cet obſtacle eſt d'autant plus grand qu'elles ſont plus diviſées.

D'ailleurs que gagne-t-on par cette diviſion ; ſi chaque partie (quelque petite qu'elle ſoit) immédiatement environnée d'air, reſte telle qu'elle étoit dans la maſſe d'où elle s'eſt échappée? Le volume d'air qui lui répond ne décroît-il pas dans la même proportion ? Et ſi l'eau en général péſe 800 fois plus que l'air, le rapport ſe trouvera dans les plus petits volumes, comme dans les plus grands.

Il faut donc de deux choſes l'une, ou que les parties qui s'exhalent des corps changent d'état en quittant la maſſe, ou que l'air qui les touche employe, pour les enlever, un autre moyen que ſa péſanteur.

Cette conſidération a fait naître quelques hypothéſes fort ingénieuſes : on a ſuppoſé que chacune de ces particules étoit un petit balon rempli d'un air ſubtil, que la chaleur dilate, à peu près comme les boules de ſavon dont les enfans ſe divertiſſent. » Cette véſicule, dit-on, eſt plus lé- » gere que le volume d'air auquel elle » répond dans l'atmoſphere, & ſon » excès de légéreté peut être tel, qu'il » ſurpaſſe encore la réſiſtance du frot- » tement.

L'imagination eſt ingénieuſe, il faut l'avouer, & je crois qu'il ne ſeroit point impoſſible de lui conſerver de la vraiſemblance ; mais s'il faut de la chaleur pour donner à ces petits balons un volume ſuffiſant, nous n'aurons guéres de vapeurs en hyver ; ou s'il en faut ſi peu pour les enfler, comment ne creveront-ils pas en été ?

D'autres cherchant dans la dilatation des vapeurs, un principe de légéreté ſuffiſante, ont conſideré leurs parties, comme autant de molécules dont les pores agrandis & diſtendus par l'action du feu, augmentent leur

volume autant & plus, que leur premiere denſité n'excédoit celle de l'air. Suivant cette opinion, une particule d'eau réduite en vapeur, ſera, par exemple, 1000 ou 1200 fois plus grande qu'elle n'étoit, & par conſéquent elle répondra à un volume d'air plus que ſuffiſant pour la ſoulever. Cette grande dilatabilité des vapeurs eſt appuyée ſur des expériences qu'on ne peut révoquer en doute, & que nous rapporterons quand l'ordre des matieres le permettra; mais elle exige un dégré de chaleur beaucoup plus grand que celui qui régne ordinairement dans les corps qui commencent à s'évaporer; & ſi partant d'un tel exemple, lorſqu'on voit des vapeurs s'élever par un tems frais, on conclut qu'il fait aſſez chaud pour les dilater au point d'être plus légeres que l'air, il paroît que c'eſt ſuppoſer ce qui eſt en queſtion : je crois qu'il y a une grande différence entre la ſimple évaporation, & la dilatation des vapeurs.

Mais ſi la chaleur naturelle ne peut le plus ſouvent que contribuer à détacher ces corpuſcules de leurs maſ-

ſes, & qu'elle ne les mette pas toujours en état de s'élever, ſi l'air d'ailleurs ne peut par ſon poids ſeul les forcer de monter tels qu'ils ſont; quel eſt donc le moyen que la nature ajoute à cette premiere cauſe? Car il eſt certain que les vapeurs s'élevent en tout tems, il n'y a que du plus ou du moins.

S'il m'eſt permis de hazarder ici mes conjectures, je dirai que l'air de l'atmoſphere fait en même tems l'office de diſſolvant & d'éponge à l'égard des corps qu'il touche immédiatement. Comment conçoit-on que de l'eau douce devient ſalée, quand on la met dans un vaiſſeau au fond duquel il y a du ſel? C'eſt que la liqueur s'inſinuant dans les pores du corps ſolide, ſe rejoint elle-même de tous côtés deſſous les parties qui compoſent la ſurface, les ſouleve enfin, & les diviſe à tel dégré, que ces parties elles-mêmes entrent dans les pores de l'eau, de la même maniere, & par la même cauſe que celles de l'eau ont pénétré le ſel. Plus les parties du ſel ſont iſolées, plus le ſel eſt poreux, plus il eſt humide avant qu'on le

plonge, & plus auſſi ſa diſſolution devient facile, & l'on en voit la raiſon, ſans qu'il ſoit beſoin de la dire; de même les corps qui s'évaporent, continuellement plongés au fond d'une maſſe d'air ſpongieuſe, fourniſſent une quantité de vapeurs d'autant plus abondante, que leurs parties ſont plus expoſées à l'action de ce fluide, & qu'il eſt lui-même par ſon état actuel, plus diſpoſé à les admettre dans ſes pores. Je n'oſerois dire que l'air s'inſinue dans les pores des corps ſolides ou des liquides, comme l'eau dans du ſucre ou du ſel qu'elle diſſout; mais je n'avancerai rien que de croyable, quand je dirai, que, puiſqu'il y a dans tous les corps une très-grande quantité d'air diſſéminé, leurs ſurfaces ſont compoſées de molécules dont un très-grand nombre n'eſt que de l'air, & que cet air communique à d'autre qui fait de même, partie des couches inférieures, tellement que la matiere propre de ces corps lorſqu'ils ſont environnés d'air, reſſemble à un grain de ſel humide qu'on plonge dans l'eau, & qui eſt d'autant plus diſſoluble qu'il a été

plus pénétré d'eau avant que d'être plongé. La ſurface qui nous paroît la plus unie, préſente donc à l'air qui la touche, des parties iſolées & qui ne tiennent à la maſſe que par un petit nombre de points; & comme il n'y a aucune matiere connue, en tel état qu'elle puiſſe être, dont les parties ſoient parfaitement en repos les unes à l'égard des autres, il n'y a donc à la ſuperficie des corps aucune particule qui ne ſoit diſpoſée plus ou moins à céder aux efforts de l'air qui l'entoure.

Mais ſi l'air eſt, comme on l'imagine pour expliquer ſon élaſticité, un corps ſpongieux dont les parties reſſemblent à de petits filamens ou de petites lames ſpirales; pour enlever les petites parties des corps dont nous venons de parler, il n'aura pas beſoin d'autre force, que celle qui s'obſerve tous les jours dans les corps de cette eſpécé; car comme le ſel s'éleve dans une maſſe d'eau à meſure qu'elle le diſſout, quoique ſes parties ſoient plus péſantes que celles de l'eau, comme l'eau s'éleve dans du ſucre malgré ſon propre poids, de même on

pourra dire que les vapeurs & les exhalaiſons, ſans devenir plus légeres que l'air, s'élévent dans l'atmoſphere ſuivant la proportion qu'il y a entre elles & la poroſité du fluide.

Il eſt vrai qu'on ne ſçait pas bien comment les liqueurs s'élévent au-deſſus de leur niveau, dans une éponge, dans les tubes capillaires & autres corps ſemblables; car de dire que l'attraction eſt la cauſe de cet effet, c'eſt ne ſatisfaire qu'une partie du monde, encore n'eſt-ce pas celle qui n'admet que des idées claires & intelligibles; mais on eſt parfaitement d'accord ſur le fait; & quand je dis que les vapeurs montent dans l'atmoſphere, comme l'eau dans une éponge, je ne prétens pas remonter juſqu'à la premiere cauſe; je m'en tiens à la cauſe prochaine & immédiate, en un mot, je ne me propoſe que d'expliquer un fait par un autre, ce qui eſt très-permis en Phyſique.

Je ne puis étendre ici cette idée autant qu'il le faudroit pour lui donner toute la vraiſemblance dont elle eſt ſuſceptible; cette digreſſion nous éloigneroit trop de notre objet pré-

ſent ; j'aurai occaſion de la reprendre & de la ſuivre plus loin, en parlant des tuyaux capillaires ; j'ajouterai ſeulement que ſi cette derniere cauſe ajoutée aux autres, que nous ne rejettons point, les rend ſuffiſantes pour former & pour élever les vapeurs, elle pourra de même contribuer à les tenir ſuſpendues, juſqu'à ce que l'atmoſphere venant à changer de denſité, ſoit par compreſſion, ſoit par condenſation, ſoit même par dilatation, ces petits corps ſuſpendus ſe rapprochent, pour former des maſſes plus péſantes, ou bien qu'ils ſoient ſeulement abandonnés à leur propre poids ; comme on voit qu'il arrive dans le récipient d'une machine pneumatique, où l'on apperçoit un petit brouillard après les premiers coups de piſton, parce que l'air en ſe raréfiant abandonne les corps étrangers qu'il contient *.

* *Mem. de l'Acad. des Sc. 1740. p. 252.*

Pour revenir à notre premiere expérience, il eſt donc certain qu'Ariſtote & ceux qui l'ont ſuivi, ſe ſont trompés, lorſqu'ils ont prétendu qu'il y a des corps qui tendent naturellement à ſe mouvoir de bas en haut.

Ce que nous avons dit touchant les faits qui leur en ont impoſé, ſuffit pour faire entendre qu'il n'y a point de légéreté abſolue, & que les corps à qui l'on donne improprement le nom de légers, ſont ceux qui ont peu de poids ou de matiere propre ſous un grand volume.

ON peut conſidérer dans la péſanteur comme dans toute autre force, la direction, & l'intenſité, c'eſt-à-dire, la meſure ou la quantité de ſon action ſur les corps.

La direction de la péſanteur eſt toujours la même; les corps qui tombent librement ſe dirigent d'eux-mêmes vers la ſurface de la terre, par une ligne perpendiculaire à l'horizon, comme il paroît quand on en fait l'épreuve ſur une eau dormante; & s'ils décrivent quelquefois en tombant, des lignes obliques ou des courbes, c'eſt qu'ils y ſont forcés par des obſtacles; telle eſt la chûte d'un pendule pendant ſa demie vibration; il ne décriroit pas un arc de cercle, s'il n'étoit retenu par le fil ou la verge qui l'oblige de tourner autour du point de ſuſpenſion.

Au lieu d'exprimer la direction de la péſanteur, par une perpendiculaire à l'horizon, on l'exprime ſouvent, par une tendance au centre de la terre, ce qui ſignifieroit la même choſe, ſi notre globe étoit parfaitement ſphérique ; car alors tous les rayons prolongés du même point, ſeroient autant de perpendiculaires à la ſurface. Mais cette hypothèſe n'eſt plus ni reçue, ni recevable ; & ſi le globe terreſtre eſt un ſphéroïde applati vers les poles comme il y a tout lieu de le croire, le compas & la régle font voir, que les lignes dirigées perpendiculairement à tous les points de ſa ſurface n'aboutiſſent pas au vrai centre, mais à différens points qui compoſent un eſpace autour du centre. Mais comme cet eſpace eſt fort petit, à cauſe du peu de différence qu'il y a entre la figure attribuée à la terre & celle d'une ſphére parfaite ; on peut ſans erreur ſenſible, & quand il ne s'agit point de cette queſtion, garder l'expreſſion commune, & prendre le centre de la terre pour celui des corps graves.

Quant à l'intenſité de la péſanteur,

on peut demander 1°. ſi elle eſt la même dans tous les corps, dans tous les tems, dans tous les lieux. 2°. Si elle varie ſuivant l'état des corps. 3°. Si elle peut augmenter dans le même mobile, & comment ſe font ſes progrès.

L'expérience ne peut nous apprendre qu'à peu près, combien un corps parcourt d'eſpace dans un certain tems, en vertu de la péſanteur qui l'anime, parce qu'il a toujours à vaincre des obſtacles inſéparables de l'état naturel, comme en éprouvent les corps qui obéiſſent à toute autre puiſſance. La réſiſtance des milieux qui varie comme leurs denſités, la figure du corps qui tombe, le rapport de ſa maſſe à ſon volume, & quelque autre conſidération dont nous parlerons dans la ſuite, empêchent qu'on ne ſçache bien exactement la meſure de la péſanteur primitive, & telle qu'elle ſeroit, ſi elle n'étoit diminuée par des cauſes étrangeres. On ſçait ſeulement qu'à Paris, par exemple, ou aux environs, une balle de plomb, ou tout autre corps qui auroit beaucoup de matiere avec

peu de volume, parcourt dans l'air libre environ 15 pieds de France dans la premiere ſeconde de ſa chûte ; on verra bientôt, pourquoi j'embraſſe toutes ces circonſtances dans cette propoſition.

On croyoit autrefois que la péſanteur & le poids étoient ſynonimes ; & que les corps tomboient d'autant plus vîte, qu'ils avoient plus de maſſe. Il y avoit effectivement quelque vraiſemblance à croire qu'un mobile compoſé de quatre parties péſantes, devoit tendre davantage au terme de la péſanteur, que celui qui n'en auroit qu'une ou deux ; & ce qui achevoit d'induire en erreur, c'eſt qu'on voyoit une plume, un papier, un ballon de laine, &c. tomber toujours plus lentement qu'une pierre, un morceau de métal, &c. mais un *plus* ou un *moins* ne décident rien, quand il n'a point de proportion avec la cauſe que l'on ſoupçonne. Galilée vit bien comme Ariſtote, qu'une plume tomboit moins vîte qu'une livre de plomb ; mais il meſura ce *moins*, il le compara avec l'excès de maſſe du corps le plus prompt à tomber, &

il trouva qu'il ne répondoit pas à la différence qu'il y avoit entre les poids des deux mobiles. Il prit donc une autre idée de la péſanteur, & au lieu de penſer comme on avoit fait juſqu'alors, qu'il y en avoit plus dans le plomb que dans la plume, il imagina que cette force étoit égale dans l'une & dans l'autre, mais que la réſiſtance du milieu ſe faiſoit plus ſentir ſur celui des deux corps qui avoit le moins de matiere. Ce raiſonnement étoit bien fondé, & nous en ferons connoître toute la juſteſſe en expliquant l'expérience qui ſuit.

II. EXPERIENCE.

PREPARATION.

On établit ſolidement ſur la platine d'une machine pneumatique, un chaſſis qui contient un tuyau de verre qui a ſix pieds de longueur, deux pouces $\frac{1}{2}$ de diamétre, plus large & ouvert par ſes deux extrémités *A*, *B* *Fig.* 2. on joint en-haut par le moyen d'un anneau de cuir mouillé, une platine de cuivre ſous laquelle eſt fixée la chappe d'une piece qui tourne verti-

calement, & qui ſe diviſant en ſix rayons, forme autant de pinces à reſſort. Cette piece eſt repréſentée ſeule de face dans la *Fig.* 3. & elle ſe voit de côté en *C D Fig.* 4. ſon axe porte un pignon à lanterne qui engraine une roue à chevilles *F*, en-arbrée ſur une tige de cuivre bien cylindrique qui traverſe la platine & un colet *G* rempli de cuirs gras. Le bout de cette tige eſt fixée à un rouleau *H* au-deſſus duquel eſt un anneau qui répond à un levier *I*, & ce levier ſe meut par le moyen d'un cordon; *K* eſt un barillet garni d'un reſſort de montre, pour contretirer le cordon qui enveloppe & qui fait tourner le rouleau *H*.

Avant que de placer cette piece ſur le tuyau du verre, il faut avoir ſoin de garnir les ſix pinces en mettant à chacune deux petits corps dont les volumes ſoient à peu près ſemblables, mais qui différent en poids : de ſorte cependant que ces différences ne ſoient pas également grandes dans chaque paire. Ainſi l'on pourra mettre, par exemple, dans la premiere un morceau de plomb & une plume; dans la ſeconde, un morceau

de cuivre & une petite feuille de papier; dans la troiſiéme, un morceau de bois & un morceau de fer, &c.

Lorſqu'on a rarefié l'air dans le tuyau le plus qu'il eſt poſſible avec la pompe, en tirant la corde *L*, on fait tourner la roue *F* pour mettre une des pinces dans une ſituation verticale, comme *D*; on tire enſuite le cordon *M* pour élever la roue *F* dont le bord preſſe le petit levier *n*, & fait ouvrir la pince; celle-ci ayant fait ſon office, on en fait paſſer une autre de même, & ainſi de ſuite juſqu'à la derniere.

Effets.

Tous ces corps échappant deux à deux, tombent en même tems, & ne laiſſent appercevoir aucune différence ſenſible dans la durée de leur chûte.

Mais ſi l'on recommence l'expérience, en laiſſant le vaiſſeau plein d'air dans ſon état naturel, ceux qui ont le plus de poids tombent plus vîte, & la lenteur des autres eſt plus ſenſible à meſure que leur maſſe eſt moins grande. Ainſi le bois tombe plus len-

tement que le fer ; mais ſa lenteur n'eſt pas ſi grande que celle du papier & de la plume.

EXPLICATION.

La premiere partie de cette expérience prouve évidemment & directement, que la péſanteur eſt égale dans tous les corps, & que les différences qu'on apperçoit dans leurs chûtes, ne doivent être attribuées qu'à la réſiſtance des milieux par leſquels ils tombent : puiſqu'en ſupprimant ou en diminuant beaucoup cette réſiſtance, les tems qu'ils employent à deſcendre de hauteurs égales, ſont ſenſiblement les mêmes. La ſeconde partie nous apprend, comment nous devons évaluer ces différences que nous remarquons dans la chûte des graves qui différent entre eux par leur quantité de matiere. Car ſi nous regardons la péſanteur comme une vîteſſe commune & égale dans tous les graves, les quantités de mouvement, ou les forces de deux corps qui commencent à tomber, ne peuvent différer entre elles que par la maſſe. Suppoſons donc un morceau de plomb

qui péſe 12 onces, & un morceau de bois de même volume & de même figure qui en péſe une: puiſque la vîteſſe initiale, ou la péſanteur de ces deux mobiles eſt la même, leurs quantités de mouvement, au premier inſtant de leur chûte, ſeront comme leurs maſſes, c'eſt-à-dire, un dans celui-ci, & 12 dans l'autre. Suppoſons maintenant que pendant leurs chûtes, la réſiſtance du milieu rallentiſſe leur mouvement d'un demi degré; cette diminution ſera égale dans l'un & dans l'autre, puiſque c'eſt le même milieu, que les volumes ſont égaux & les figures ſemblables, mais le morceau de plomb qui a perdu un demi dégré de mouvement, en a encore $11\frac{1}{2}$ au lieu que le morceau de bois, par une ſemblable perte ne s'en trouve plus avoir qu'un demi; dans l'un le mouvement eſt rallenti ſeulement de la douziéme partie, dans l'autre il l'eſt de la moitié, quoique ces deux effets procédent de la même cauſe.

APPLICATIONS.

Le principe que nous venons de

prouver par l'expérience précédente, eſt d'une grande importance ; auſſi n'a-t-on rien négligé pour le mettre dans tout ſon jour. M. Newton l'a confirmé par les vibrations de pluſieurs boules ſuſpendues, dont il a mis les diamétres & les poids en différens rapports : nous ferons voir inceſſamment que cette eſpéce de mouvement eſt un effet de la péſanteur ; ainſi quand deux boules de même poids, de même groſſeur, & ſuſpendues à des fils égaux, continuent de balancer auſſi long-tems dans le même air, elles font voir qu'elles ſont animées par des péſanteurs égales : & l'on doit perſéverer dans le même ſentiment, quoique la diminution du poids y apporte une différence, ſi, comme l'expérience le fait voir, cette différence ne ſuit pas le rapport des maſſes.

Meſſieurs Frenicle & Mariotte éprouvérent d'après Galilée, la chûte directe des corps à de grandes hauteurs ; mais perſonne ne fit ces ſortes d'épreuves dans des circonſtances plus avantageuſes que celles où ſe trouva M. Deſaguilliers * en profi-

* *Tranſact. Philoſoph. n. 362. art. 4.*

tant de la grande élévation du dôme de S. Paul à Londres, & des lumieres de Meſſieurs Newton, Halley, &c. qui voulurent être préſens.

On fit tomber pluſieurs corps de différens poids, & de différens volumes, de la hauteur de 272 pieds; & l'on remarqua que deux boules dont les diamétres étoient d'environ 5 pouces $\frac{1}{2}$, & qui péſoient l'une 2610 grains, & l'autre 137 $\frac{1}{2}$, employerent des tems fort différens à tomber de toute cette hauteur; car la plus péſante acheva ſa chûte en 6 ſecondes $\frac{1}{2}$, & celle de l'autre en dura près de 19: ce qui fait bien voir que la vîteſſe des corps qui tombent n'eſt point proportionnelle à leur maſſe; car dans cette derniere expérience les deux boules, quant au poids, ſont à peu près dans le rapport de 19 à 1; & toutes les autres circonſtances ſont égales pour l'une & pour l'autre; cependant il s'en faut bien que la plus péſante tombe 19 fois plus vîte que l'autre, car au lieu de 6 ſecondes, elle n'auroit dû en employer qu'une.

Il eſt facile d'expliquer maintenant,

pourquoi la même matiere devient plus lente à tomber, à meſure qu'elle ſe diviſe ou qu'elle augmente de volume, comme un morceau de bois que l'on réduit en coupeaux minces, un jeu de cartes, ou un paquet de plumes qui n'eſt pas lié. La chûte d'une groſſe pluye eſt bien différente de celle de la neige, & l'eau qui tombe ſans ſe diviſer, fait un effort bien plus conſidérable que celle qui ſe réduit en goutes, & qui s'étend dans l'air qu'elle traverſe.

Sans cette réſiſtance de l'air, qui retarde & qui diviſe les corps dont les parties ne ſont point fortement liées, on verroit avec autant de danger que d'étonnement une potée d'eau jettée par une fenêtre, tomber ſur le pavé, avec autant de bruit & d'effort qu'un glaçon de même poids. S'il y en avoit la valeur d'une pinte, autant vaudroit recevoir ſur la tête une pierre du poids de deux livres qui tomberoit de la même hauteur. Mais la ſurpriſe ne dureroit pas longtems, pour ceux qui ſeroient au fait des principes que nous expliquons. Car ils ſçauroient qu'une maſſe liqui-

de qui tombe par quelque milieu matériel que ce ſoit, éprouve une réſiſtance directe en ſa partie inférieure, & un frottement aux ſurfaces latérales : que ces deux ſortes de réſiſtances retardent davantage ce qui eſt expoſé à leur action immédiate que le reſte, & qu'ainſi le mobile dont les parties ne ſont preſque point liées, doit en peu de tems changer de figure & ſe diviſer; mais ces deux derniers effets doivent ceſſer, quand la cauſe qui a coutume de les produire, ne ſubſiſte plus.

Une expérience preſqu'auſſi ancienne que la machine pneumatique, & qui, pour n'avoir pas le mérite de la nouveauté, n'en eſt pas moins curieuſe, prouve admirablement bien ce que nous diſons ici de la chûte des liqueurs.

III. EXPERIENCE.

PREPARATION.

Dans un tube de verre un peu fort, *Fig.* 5. dont le diamétre égale 8 ou 10 lignes, on met quelques pouces d'eau; & après avoir fait le

vuide

vuide dans le reſte de la capacité, on le ſcelle à la lampe d'un Emailleur, en *A*.

EFFETS.

Quand on ſecoue ce tube perpendiculairement, l'eau s'éleve toute d'une piece, à la hauteur de quelques pouces, comme en *B*; & en retombant de même ſur le fond, elle fait le même bruit & le même effort qu'un corps ſolide; & ce ſon eſt beaucoup plus aigu, quand on réſerve une boule creuſe, & mince en la partie ſupérieure, comme on le voit par la figure.

EXPLICATION.

Si dans ce vaiſſeau il y avoit de l'air tel que celui de l'atmoſphere, depuis la ſurface de l'eau *C* juſqu'en *A*, lorſque par la ſecouſſe on éleveroit l'eau de *C* en *B*, la colomne d'air contenue dans cette partie prendroit ſa place pour un inſtant, & l'eau en retombant rencontreroit ce fluide flexible qui retarderoit ſa chûte, & qui après une diviſion réciproque, lui céderoit ſa premiere pla-

ce ; mais quand il n'y a que de l'eau dans le tube, & que rien ne la déſunit, elle retombe toute enſemble, & la baſe de cette colomne liquide frappe immédiatement le fond du vaiſſeau, comme pourroit faire un cylindre ſolide du même poids.

APPLICATIONS.

Le mercure d'un barométre (ſi l'inſtrument eſt bien fait) ſe trouve dans le même cas que l'eau de cette derniere expérience ; quand on le fait balancer dans le tube, ſi la ſecouſſe eſt forte, on court riſque de caſſer le verre, & l'on entend toujours le coup, comme celui d'un corps ſolide, parce que la partie ſupérieure du tuyau eſt vuide d'air, & que le mercure heurte immédiatement le fond.

Le tems n'apporte par lui-même aucune différence à la péſanteur des corps ; à moins qu'on ne ſuppoſe (mais pourquoi le ſuppoſeroit-on ?) que les changemens qui lui arrivent ſont uniformes & proportionnels dans toute la nature : car pour ce qui eſt des poids comparés, ce qui péſe une livre, continue toujours de pé-

ſer exactement une livre, tant que la quantité de matiere reſte la même. On en peut juger par les péſanteurs ſpécifiques de matieres connues; l'or, par exemple, eſt conſtamment dans le rapport de 19 $\frac{1}{2}$ à 1 avec l'eau pure. Il eſt vrai que ces quantités ſont ſujettes à de petites différences; mais il eſt plus raiſonnable de les attribuer aux différens états des matieres, au froid, au chaud, à la ſéchereſſe, à l'humidité, &c. que de les rejetter ſur une cauſe inconnue qu'on n'a pas lieu de ſoupçonner. S'il arrive tous les jours qu'un corps devienne plus ou moins péſant qu'il n'étoit, on doit faire attention qu'il a perdu ou acquis des parties matérielles qui augmentent ou diminuent ſa maſſe. Une éponge, ou quelque corps équivalent, ſuſpendue au bras d'une petite balance, & expoſée aux impreſſions de l'air, devient tantôt plus, tantôt moins péſante; c'eſt que l'humidité qui régne dans l'air, ajoute à ſon poids en certain tems, & qu'au contraire elle en ſort quand il fait plus ſec. Cette explication eſt ſi naturelle & ſi bien reçue, que bien des perſonnes em-

ployent ce moyen pour connoître l'humidité ou la ſéchereſſe de l'air. On ſçait que le bois flotté eſt plus léger que le bois neuf, faudroit-il en conclure que la péſanteur varie? n'eſt-il pas viſible que cette diminution de poïds vient de ce qu'il a perdu une partie de ſa ſubſtance? Au moins ne peut-on pas douter que l'eau ne lui ait fait perdre une grande partie de ſes ſels; car la leſſive que l'on fait de ſa cendre, en contient peu, & par cette raiſon elle eſt moins propre qu'une autre à blanchir le linge.

Si quelques expériences ont paru indiquer des changemens dans le poids d'une même matiere, nous ne devons donc point croire qu'elles puiſſent prouver, comme quelques perſonnes l'ont crû, que la péſanteur varie par ſucceſſion de tems; il nous paroît plus vraiſemblable que ceux qui les ont faites, auront été trompés par quelque défaut dans l'exécution, qui aura échappé à leur vigilance. Les poids des pendules, des horloges, des tournebroches, &c. ſont des preuves d'expérience qu'on peut leur oppoſer, & qu'on ne peut révoquer en doute.

Mais ſi le tems n'apporte aucune variation à la péſanteur des corps, cette force ne change-t-elle pas ſelon les lieux ?

Lorſqu'on fait attention que le centre des corps graves eſt celui de la terre, on peut être porté à croire qu'à une diſtance plus ou moins grande de ce terme, la péſanteur pourroit bien n'être pas la même. Mais quand, pour comparer cette force à elle-même, nous l'avons éprouvée aux plus grandes hauteurs & profondeurs qui nous ſoient acceſſibles, & que nous n'y appercevons aucune différence, il ſemble qu'il ſoit permis de croire qu'elle eſt uniforme par tout. Auſſi l'a-t-on ſuppoſé avant qu'on eût trouvé des raiſons pour croire le contraire.

Newton nous aſſure (& Newton mérite qu'on l'écoute) que cette puiſſance ſecréte qui ſollicite les corps à tomber vers la terre, agit moins ſur eux, quand ils en ſont plus éloignés; il fait plus, il nous donne des régles pour évaluer cette diminution, & comme s'il eût porté la balance juſqu'à la Lune, il veut que l'on croye,

qu'une pierre qui commenceroit à tomber de cet aſtre, ne feroit pas plus de chemin en une minute, qu'elle en fait ici-bas en une ſeconde ; c'eſt-à-dire, qu'à une telle hauteur, elle tomberoit 3600 fois plus lentement qu'elle ne fait aux environs de la ſurface de la terre.

S'il eſt étonnant que ce Philoſophe ait oſé prononcer ainſi, ſur des choſes qui paroiſſent au-deſſus des forces de l'eſprit humain, on doit être encore bien plus ſurpris qu'il ne les ait pas données comme des ſyſtêmes, mais qu'il ait appuyé tout ce qu'il a avancé, ſur des preuves & ſur des démonſtrations qui tiennent contre l'examen le plus rigoureux. A la vérité Newton n'a pas démontré que la force centripéte de la Lune ſoit la même que celle des autres corps qui appartiennent à notre globe ; mais il l'a ſuppoſé avec tant de vraiſemblance, que cela ne peut guéres paſſer pour une ſimple conjecture ; car ſa théorie de la Lune, qu'il fonde ſur cette ſuppoſition, eſt celle qui approche le plus de la vérité, & qui donne les lieux de cette planéte les plus conformes

aux obſervations des Aſtronomes.

Comment donc peut-on ſçavoir ce qui ſe paſſe à la Lune pour en parler avec tant de hardieſſe, & pour avoir encore l'avantage de ſe faire croire ?

C'eſt dans les ouvrages même de M. Newton, ou dans des extraits plus amples que ceux que nous pouvons nous permettre ici, qu'il faut étudier ſes penſées & ſes preuves. Ce qu'il a enſeigné touchant la péſanteur des corps, eſt lié avec tout le ſyſtéme général du monde qu'il a plus heureuſement concerté qu'aucun autre Philoſophe ; & il eſt aſſez difficile de ſe former une idée bien juſte de cette partie, quand on la ſépare des autres avec leſquelles elle a une connexion néceſſaire. Nous nous contenterons donc de faire ſeulement entrevoir ici, comment il eſt poſſible de juger de la péſanteur des corps à la hauteur de la Lune, par celle qu'ils ont ici-bas ; en ſuppoſant que la force centripéte de la Lune n'eſt autre choſe que cette gravité qui fait aller tous les corps qui ſont près de nous, vers le centre de la terre.

Suppoſons que *T*, *Fig.* 6. repré-

ſente la terre, *L* la Lune, *L Q R S* l'orbite de cet aſtre, c'eſt-à-dire, la révolution qu'elle fait autour de la terre dans l'eſpace de près d'un mois. On connoît aſſez bien la diſtance qu'il y a de la terre à la Lune, c'eſt à-peu-près 60 fois le demi-diamétre du globe terreſtre, voilà des quantités connues depuis long-tems, & ſur leſquelles tout le monde eſt d'accord.

En parlant des forces centrales dans la leçon précédente, nous avons fait connoître qu'un corps qui circule, ne le fait qu'en conſéquence d'une force qui le pouſſe ou qui le tire toujours vers un même point, pendant qu'une autre force le ſollicite à ſe mouvoir dans une autre direction. Lorſque nous voyons tourner la Lune autour de nous, nous pouvons donc conclure en toute ſûreté qu'elle a une force centripete, ou, ce qui eſt la même choſe, qu'elle péſe vers la terre.

Nous avons fait voir auſſi en parlant du mouvement composé, que ſi un mobile obéit en même tems à deux puiſſances, comme *L P*, *L C*, on connoît le rapport de ces deux

puiſſances

puiſſances par la diagonale *L Q* que ce corps décrit.

Comme on ſçait le tems que la Lune eſt à parcourir tout ſon orbite, on connoît auſſi celui qu'elle employe pour en décrire une petite portion, comme *L Q* : & par-là on peut juger du chemin qu'elle auroit fait en pareil tems, ſi elle n'avoit obéi qu'à l'une des deux puiſſances. Si, par exemple, *L Q* eſt ce qu'elle parcourt de ſon orbite en une heure, *L P* repréſente la quantité dont elle deſcendroit en une heure, ſi elle ſuivoit l'impulſion de la ſeule péſanteur.

C'eſt à-peu-près de cette maniére que Newton eſt venu à bout de connoître qu'un corps grave, en commençant à tomber de la Lune, parcourroit à-peu-près 15 pieds dans l'eſpace d'une minute ; puis comparant cette vîteſſe à celle des corps qui obéiſſent ici-bas à la péſanteur, il la trouva 3600 fois moins grande ; car une pierre qui tomberoit librement pendant une minute, parcourroit 3600 fois 15 pieds, ou bien 54000 pieds ; d'où il conclut que la péſanteur décroît comme le quarré

de la diſtance augmente ; car 3600 eſt le quarré de 60, & la Lune eſt 60 fois plus éloignée du centre de la terre que les corps qui ſont comme nous à la ſurface.

Si nous pouvions nous élever à des hauteurs aſſez conſidérables, ce ſeroit une choſe bien curieuſe de conſtater cette théorie par quelque expérience ; mais nos plus hautes montagnes ne ſont pas ſuffiſantes, & quand on les ſuppoſeroit de deux lieues perpendiculaires, au-deſſus du terrain le plus bas où nous puiſſions deſcendre, on voit par le calcul que le décroiſſement de la péſanteur ſeroit encore inſenſible.

Si une diſtance plus ou moins grande des corps graves au centre de la terre, a pû faire reconnoître quelque variation dans leur péſanteur, la différence des climats devoit-elle faire naître de ſemblables ſoupçons ? Dans un tems ſur-tout où la figure de la terre étoit encore réputée ſphérique, tous les lieux de ſa ſurface ne devoient-ils point paroître indifférens pour cette tendance au centre ?

Dès qu'on a ſuppoſé que la terre ſe

meut en 24 heures autour de ſon axe, on auroit pû faire attention, que toutes les parties de ſa ſurface ne tournent pas également vîte ; celles qui ſont ſous l'Equateur, décrivant des cercles beaucoup plus grands que celles qui avoiſinent les pôles, comme nous l'avons fait voir en expliquant l'expérience du globe de verre dans la leçon précédente*. Cette conſidération conduiſoit naturellement à penſer que tous les corps qui ſont à la ſurface de notre globe, participant à ſon mouvement, ont une force centrifuge; que cette force contraire à la péſanteur devoit être plus grande vers l'Equateur que vers les poles; & qu'ainſi la péſanteur devoit diminuer à meſure qu'on ſeroit plus près de cette partie de la terre. Mais avant Deſcartes & M. Hughens il n'étoit guéres queſtion de forces centrifuges; & ſi Copernic, en propoſant ſon hypothéſe, l'eût encore chargée de cette nouveauté, il y a bien de l'apparence que dans ſon tems elle n'eût pas été mieux reçûe que le reſte.

* *6. Exper. Fig. 22. & 23.*

En 1672. M. Richer étant allé par

ordre du Roy à l'iſle de Cayenne, ſituée à-peu-près à 5 degrés de latitude, pour des obſervations qu'on ne peut faire dans notre climat, fit le premier une découverte plus intéreſſante ſans doute que toutes celles qu'il s'étoit propoſées. Il obſerva qu'un pendule qui battoit les ſecondes à Paris, meſuroit des tems plus longs dans le pays où il étoit.

Un pendule eſt un inſtrument compoſé d'un corps péſant, comme une balle de plomb, par exemple, qui décrit des arcs autour d'un point fixe, par le moyen d'un fil ou d'une verge mince qui le tient ſuſpendu. Nous ferons voir dans la ſuite de cette leçon, que ſon mouvement, que l'on nomme *oſcillation*, eſt un effet de la péſanteur, & qu'il eſt plus ou moins prompt, ſelon que le fil de ſuſpenſion a plus ou moins de longueur.

M. Richer s'étant donc bien aſſûré que ſon pendule réglé à Paris pour battre les ſecondes, retardoit à la Cayenne, y remédia en le raccourciſſant d'une quantité dont il tint un compte exact; & cette expérience répétée depuis par pluſieurs bons

obſervateurs, & en dernier lieu par les Académiciens qui ſont allés au Perou, & par ceux qui ont fait le voyage du Nord, pour les meſures qui ont rapport à la figure de la terre, a toujours fait connoître que les corps tombent plus lentement vers l'Equateur qu'ailleurs, & que ce retardement diminue, à proportion que la latitude du lieu augmente.

Fondé ſur cette connoiſſance on a compté plus que jamais ſur le mouvement journalier de la terre; & comme cette rotation, une fois admiſe, imprime aux parties du globe des forces centrifuges, qui ne ſont point égales dans toute ſon étendue, on commença à former des doutes ſur ſa figure qui paſſoit pour ſphérique dans l'opinion commune.

Tant que l'on a conſidéré la terre comme immobile, il étoit vraiſemblable qu'elle fût une ſphére parfaite, parce que ſes parties n'obéiſſant qu'à une péſanteur égale, devoient former autour du centre commun de leur gravité, des rayons ou des colonnes de même longueur, pour être en équilibre. Mais ſi cette

gravité primitive ſe trouve diminuée par une force contraire, & que cette diminution ne ſe faſſe point en quantités égales dans toute l'étendue du globe, il n'eſt guéres poſſible d'accorder l'équilibre de ſes parties avec une figure parfaitement ſphérique.

Soit *ADBE*, *Fig.* 7. une coupe diamétrale de la terre, au moment de la création, compoſée de parties également péſantes vers le point *C*, & aſſez fluides pour s'arranger en conſéquence de cette péſanteur; il eſt certain que tous les rayons *AC*, *DC*, *FC*, &c. pour être en équilibre, doivent être de même longueur, & que toutes leurs extrémités ſeront rangées dans la circonférence d'un cercle.

Mais ſi l'on conſidére la terre comme ayant un mouvement de rotation ſur l'axe *AB*, l'équilibre ne peut plus ſubſiſter entre des rayons égaux: car alors la force centrifuge détruit une partie de la péſanteur, & cette diminution va toujours en augmentant du pôle à l'Equateur. Car le point *D* décrit en 24 heures un grand cercle, le point *F* dans le même tems par-

court un paralléle dont le diamétre eſt beaucoup plus petit, & le point *A* ne tourne point. La colomne *CD* pour être auſſi péſante que *CA*, doit donc augmenter en longueur, & compenſer par plus de matiére ce que ſa force centrifuge diminue de ſa gravité.

Le mouvement de rotation cauſe un ſemblable effet dans les autres paralléles; mais cet effet va toujours en diminuant juſques aux pôles, par deux raiſons; 1°. parce que la vîteſſe du mouvement, & par conſéquent la force centrifuge qui en réſulte, diminue dans cette proportion; 2°. parce que cette force, qui eſt directement contraire à la gravité ſous l'Equateur, ne lui eſt qu'obliquement oppoſée par-tout ailleurs, comme il eſt aiſé de le remarquer dans la figure; car, par exemple, à la latitude du point *F*, la péſanteur agit ſelon la direction *FC*, & la force centrifuge a ſa tendance par *FL*.

Il ſuit donc de tout ceci, que ſi la terre tourne ſur ſon axe, la péſanteur n'eſt point égale par-tout; la matiére qui compoſe ce globe, pour être en

équilibre avec elle-même, doit s'élever de plus en plus depuis les pôles juſqu'à l'Equateur, comme *HIKG*, d'où il réſulte que le diamétre de ſon équateur eſt plus grand que ſon axe *AB*. Ceci devient ſenſible par l'exemple qui ſuit.

On emplit de paille d'avoine un ſac de cuir de mouton, composé de 12 fuſeaux ſemblables aux imprimés dont on couvre les globes qui repréſentent le ciel ou la terre ; cette eſpéce de ſphére flexible eſt garnie, à ſes deux pôles, de deux morceaux de bois percés qui gliſſent ſur un axe de fer quarré, dont les deux extrémités ſont arrondies comme deux pivots, & par le moyen d'une poulie fixée à l'une des deux, comme il paroît par la *Fig.* 8. on imprime à ce globe un mouvement de rotation, par le moyen de la machine avec laquelle nous avons fait tourner le globe de verre, & que nous avons repréſentée par la *Fig.* 22. de la leçon précédente. Ce mouvement lui fait perdre en peu de tems ſa figure ſphérique, pour prendre celle d'un ſphéroïde qui paroît ſenſiblement applati par les pô-

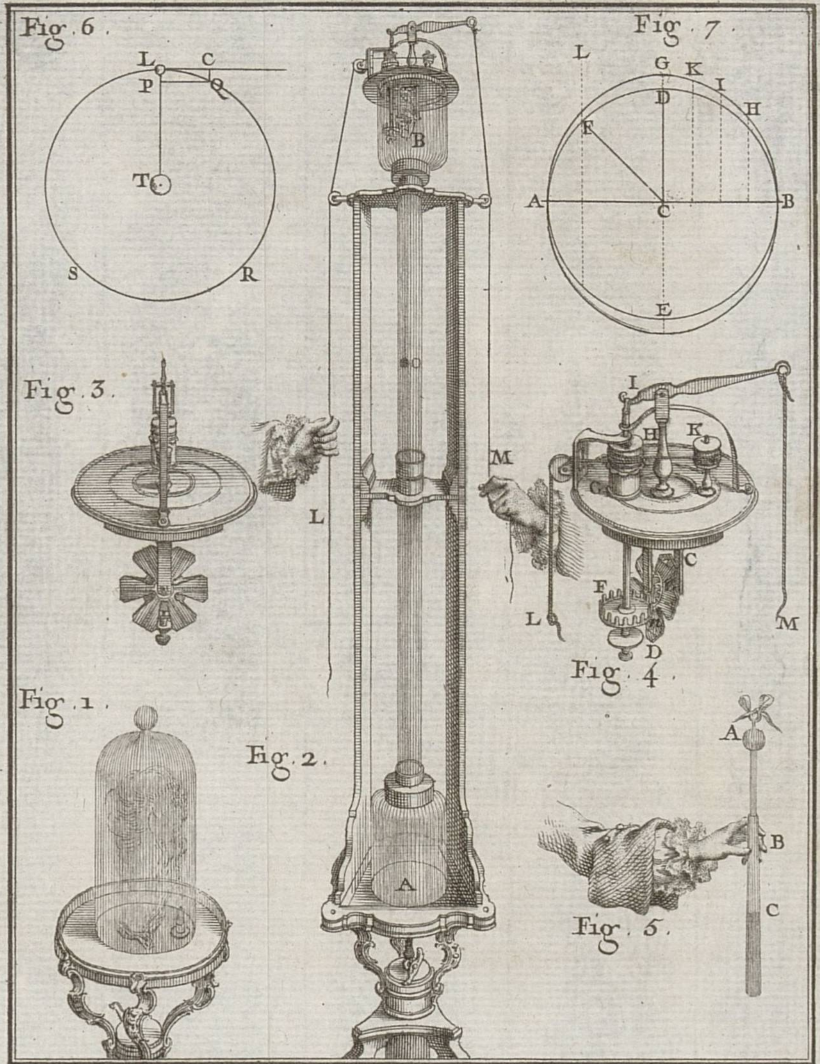
les, & élevé à l'équateur, plus qu'une ſphéricité parfaite ne l'exige.

MM. Hughens & Newton, ſans avoir recours à de pareilles expériences, qui auroient peu de poids dans une matiére qui exige tant de préciſion, fondés ſeulement ſur les loix de la ſtatique & des forces centrales, avoient reconnu que la terre devoit être un ſphéroïde applati vers les pôles; ils avoient même pouſſé leurs calculs juſqu'à déterminer, de combien le diamétre de l'Equateur excédoit l'axe en longueur. Mais comme cette déciſion tenoit à des hypothéſes qui y laiſſoient encore de l'incertitude, le travail de ces deux grands hommes n'eut preſque pas d'autre ſuccès, que de fixer l'attention des Sçavans ſur cette queſtion, & d'en faire ſentir l'importance.

Quand la théorie nous conduit à quelque découverte phyſique, il ſemble qu'il ſoit réſervé à l'expérience d'y mettre le dernier ſceau; mais quel moyen de faire des expériences ſur la figure de la terre? Les plus déciſives qu'on puiſſe faire, c'eſt de la meſurer actuellement en comparant

les arcs d'un de ſes méridiens, comme on a fait depuis.

Quoique l'hiſtoire de ce qui s'eſt paſſé à ce ſujet, ſoit des plus curieuſes & des plus intéreſſantes, je m'abſtiendrai de la rapporter, parce qu'elle n'eſt point néceſſairement liée avec mon objet préſent; elle eſt beaucoup mieux détaillée que je ne pourrois faire ici à cauſe des bornes que je me ſuis preſcrites, dans pluſieurs ouvrages très-récens, & ſur-tout dans celui qui a été écrit exprès par M. de Maupertuis, qui a contribué plus que perſonne à conduire & à exécuter cette belle entrepriſe. Je dirai ſeulement que le voyage que cet illuſtre Académicien a fait au Nord avec pluſieurs de ſes confreres, pour meſurer un arc de méridien, qui pût être comparé à ceux qu'on avoit meſurés en France, a déja confirmé la figure que MM. Hughens & Newton avoient attribuée à la terre, & qu'il y a toute apparence que les autres Académiciens, qui ſont encore actuellement au Perou, ne nous apprendront rien de contraire, mais ſeulement de quelle quantité préci-



Deſsiné et gravé par Moreau.

ſément notre globe eſt applati vers les pôles.

UNE autre queſtion qui ſe préſente maintenant, c'eſt de ſçavoir ſi le poids d'un corps varie ſelon les différens états qu'il peut prendre ; ſi le mouvement, le repos, le froid, le chaud, la ſolidité, la fluidité, &c. peuvent le rendre plus ou moins péſant dans le même lieu ?

On peut répondre en général que le poids ou la péſanteur abſolue d'un corps ne varie point, tant que ſa quantité de matiére eſt la même : une livre de plomb péſe toujours intrinſéquement une livre, ſoit qu'elle ſoit fondue ou ſolide, plus ou moins chaude, qu'elle ſe meuve ou non ; car lorſqu'elle a paſſé par tous ces états, ſi elle n'a rien perdu de ſa quantité de matiere, on y retrouve conſtamment le même poids.

Mais ſi l'on conſidére la péſanteur comme la vîteſſe actuelle avec laquelle le corps grave ſe porte de haut-en-bas, il s'en faut bien qu'elle ſoit la même au commencement ou à la fin de la chûte. Quelle que puiſſe être la cauſe de la gravité, il faut

concevoir cette force comme ſi elle étoit placée dans le mobile même, ſur lequel elle agit : à peu près comme le feu qui éléve une fuſée, par l'inflammation ſucceſſive des parties qu'elle contient ; de maniére qu'elle agit ſur un corps pendant qu'il tombe, autant & de même à chaque inſtant, que s'il étoit arrêté ; ainſi, toutes choſes égales d'ailleurs, une balle de plomb qui a cédé à ſa péſanteur pendant l'eſpace d'une ſeconde, a une vîteſſe actuelle plus grande, que celle qui ne ſeroit tombée que pendant une demi-ſeconde. Rendons ceci ſenſible par une expérience.

IV. EXPERIENCE.

Preparation.

A B, *Fig.* 9. eſt une caiſſe plus longue que large, ouverte par-deſſus, & dans laquelle gliſſe un tiroir rempli de terre molle. *A D*, & *B C*, ſont deux colomnes cylindriques de 3 pieds & $\frac{1}{2}$ de hauteur, diviſées en pouces, & ſur leſquelles on fait gliſſer une traverſe mobile *E F*, qui s'arrête avec des vis, à telle hauteur que

l'on ſouhaite. Au milieu de cette traverſe eſt un trou, dans lequel on retient une boule d'yvoire d'un pouce de diamétre, par le moyen d'une pince à reſſort *G*; la boule *H*, ſemblable à la précédente, eſt ſuſpendue par un fil à la moitié de la diſtance entre la cuvette & la traverſe mobile : & le fil de ſuſpenſion eſt arrêté de maniére que, quand on lâche la boule *G*, l'autre commence à tomber en même tems.

Effets.

Les deux boules ayant commencé à tomber en même tems, n'achévent leur chûte que l'une après l'autre, & la boule *H*, qui arrive la premiére ſur la terre molle, y fait un enfoncement, qui eſt beaucoup moindre que celui de la boule *G* qui arrive après.

Explications.

L'enfoncement que chaque boule fait dans la terre molle, eſt le produit de ſon effort; cet effet exprime la force actuelle du mobile à la fin de ſa chûte; cette force ne peut ve-

nir que de ſa maſſe & de ſon degré de vîteſſe : mais les maſſes ſont égales ; ſi les forces ſont différentes, c'eſt donc que la boule *G*, en achevant de tomber, avoit plus de vîteſſe que la boule *H*.

V. EXPERIENCE.

PREPARATION.

Le tiroir de la machine que nous venons de décrire ci-deſſus, ayant été tiré un peu en-avant, afin qu'une nouvelle boule puiſſe tomber ſur un endroit où la terre molle n'ait point été enfoncée ; on arrête la traverſe mobile à un pied d'élévation au-deſſus de la caiſſe, pour faire tomber une boule de cuivre qui péſe 3 onces ; enſuite on éléve la traverſe à trois pieds, pour faire tomber ſur une nouvelle place, une autre boule de cuivre creuſe, de même diamétre que la premiére, & qui ne péſe qu'une once.

EFFETS.

En comparant les deux enfoncemens, on les trouve parfaitement égaux.

EXPLICATIONS.

Ce que l'expérience précédente n'a fait qu'indiquer en géneral, celle-ci le démontre avec plus de préciſion; car non-ſeulement elle fait connoître que la vîteſſe des corps qui tombent librement, s'augmente par une chûte plus longue, mais elle nous donne la meſure de cet accroiſſement, en faiſant connoître qu'il eſt proportionnel à la hauteur: c'eſt ce qui devient évident, quand on fait attention qu'une once de maſſe a produit le même effet que 3 onces, parce que la hauteur de ſa chûte a été 3 fois plus grande.

APPLICATIONS.

Il n'y a pas de payſan qui ne ſçache, que la chûte d'une pierre eſt d'autant plus à craindre qu'elle vient de plus haut, & que les corps fragiles courent plus de riſque de ſe rompre en pareil cas. Ces faits ſont trop connus pour mériter qu'on s'y arrête. Nous remarquerons ſeulement, que comme dans notre expérience une plus grande maſſe, venant d'une moindre

hauteur, a produit le même effort qu'une moindre maſſe qui venoit de plus haut ; on peut choiſir entre ces deux moyens, lorſqu'il s'agit d'emprunter la puiſſance d'un mobile qui doit agir par ſa chute : car il eſt ſouvent avantageux de pouvoir ſubſtituer du poids à une grande élévation.

Il n'eſt pas douteux, par exemple, que des marteaux employés à force de bras avec une vîteſſe ſuffiſante, ne vinſſent à bout d'enfoncer des pilotis, de forger des ancres, de battre le fer des mines dans les forges où on le prépare en grand, &c. mais il en coûte bien moins de dépenſe en faiſant tomber d'une hauteur médiocre des maſſes très-péſantes, dont le mouvement eſt animé & réglé le plus ſouvent par la force de l'eau, ou par celle du vent.

Nous venons de voir en général que la chûte des corps s'accélére dans tous les inſtans ; voyons maintenant par des expériences quelle eſt la progreſſion de cet accroiſſement de vîteſſe.

VI. EXPER.

VI. EXPERIENCE.

PREPARATION.

AB & *CD*, *Fig.* 10. ſont deux cordes de metal ou de boyaux d'environ 12 pieds de longueur, fortement & parallelement tendues à quelques pouces de diſtance l'une de l'autre, & faiſant avec l'horizon un angle d'environ 22 dégrés ½; *G* eſt un mobile qui gliſſe fort librement par le moyen de deux petits rouleaux ſur la corde *AB*, & ſon centre de péſanteur eſt plus bas que la corde, afin que la pointe qui eſt à ſa partie ſupérieure garde toujours la même ſituation; *H* eſt un pendule un peu péſant qui ſe meut ſur deux pivots *A*, *a*, & dont la verge excéde un peu vers *f*. La longueur du pendule doit être telle qu'il faſſe juſtement une vibration, pendant que le mobile *G* parcourt la neuviéme partie de la corde *AB*; pour s'en aſſurer il faut avoir une petite régle de bois, qui ſerve à meſurer la corde en neuf parties égales; & placer vis-à-vis la premiere de ces parties, & ſur la corde *CD* un petit timbre *K*, dont le por-

tant gliſſe & s'arrête avec une vis, à telle diſtance que l'on veut. Il doit auſſi avoir un petit marteau, que le mobile *G* détende en paſſant. D'une autre part le pendule *H* fait ſonner de même un autre timbre *I* dont le ton eſt différent; & la queue de la verge qui excéde en *f*, fait lâcher en paſſant un petit fil de ſoie qui retient le mobile *G*; de ſorte que quand tout eſt bien ajuſté, le mobile *G* ne part, que quand le pendule fait ſonner ſon timbre *I* pour la premiere fois, & l'autre timbre *K* ne ſonne ſon premier coup que quand le pendule fait entendre le ſecond coup du ſien : ainſi entre le premier & le ſecond coup du timbre, il s'écoule un tems dont on a la meſure, & pareillement pendant ce tems le mobile parcourt un eſpace connu. On recule enſuite le timbre *K* juſqu'à ce que l'eſpace parcouru par le mobile *G* ſoit fixé par le deuxiéme tems : c'eſt-à-dire, juſqu'à ce que le troiſiéme coup du timbre *I* s'accorde avec celui du timbre *K* que l'on a reculé, & ainſi de ſuite. Et en meſurant les eſpaces parcourus, on les compare avec les tems.

EFFETS.

Pendant la premiere vibration du pendule, le mobile *G* parcourt la neuviéme partie de la corde ; s'il continue de ſe mouvoir, de ſuite pendant le ſecond tems, il parcourt trois fois autant d'eſpace, & dans le troiſiéme, cinq fois, de ſorte que ſa vîteſſe eſt accélerée, puiſque dans des tems égaux il meſure des eſpaces qui vont en augmentant, & le progrès de cette accélération ſuit les nombres impairs 1, 3, 5, 7, 9, &c. ce qui fait dire que les eſpaces parcourus, à commencer du premier inſtant de la chûte, répondent au quarré des tems : car à la fin du ſecond tems on trouve pour le nombre des eſpaces 4, qui eſt le quarré de 2 ; & à la fin du troiſiéme, 9 qui eſt le quarré de 3.

EXPLICATION.

Si la péſanteur étoit une force externe ou comme telle, c'eſt-à-dire, que ſon action ſur le mobile qu'elle anime, fût ſemblable à un coup de marteau qui produit dans le premier choc tout ce qu'il peut faire ; la vî-

teſſe du corps grave ſeroit toujours égale & uniforme (abſtraction faite des obſtacles étrangers.) Car pourquoi changeroit-elle, ſi rien ne la diminuoit, & ſi la puiſſance qui l'a fait naître, ne continuoit d'agir ? Mais la péſanteur, comme nous l'avons déja dit, eſt une force qui ſuit le mobile, & qui répéte ſur lui ſes impulſions à chaque inſtant. La vîteſſe d'un corps qui tombe, n'eſt donc pas ſeulement celle qu'il avoit en commençant à deſcendre, mais la ſomme de celles qu'il a acquiſes, pendant tout le tems de ſa chûte.

Quand le mobile *G* de notre expérience parcourt l'eſpace *A* 1, c'eſt la péſanteur qui le fait deſcendre ; par conſéquent ſi l'on ſubdiviſe le tems qu'il employe pour faire ce chemin, on doit concevoir qu'à chaque inſtant il a reçu une nouvelle vîteſſe, & que quand il eſt arrivé au chiffre 1, ſa vîteſſe actuelle eſt plus grande que lorſqu'il eſt parti du point *A*.

Pour ſçavoir préciſément ce que vaut cette augmentation, ſuppoſons que la ligne *A B*, *Figure* 11. repréſente ce premier tems diviſé en 6

inſtans égaux ; & exprimons les petits eſpaces parcourus pendant ces inſtans, par autant de lignes perpendiculaires à *A B*. Si dans le premier inſtant, la péſanteur fait parcourir au mobile un eſpace égal à *c c*, celui qu'il parcourra pendant l'inſtant ſuivant *d d*, ſera double, parce que l'impulſion du ſecond inſtant, ſe joignant à celle du premier qui ſubſiſte toujours, doublera la vîteſſe, & ainſi de ſuite : l'inſpection ſeule de la figure ſuffit, pour faire comprendre, que les vîteſſes acquiſes ſont comme le nombre des inſtans.

Imaginons maintenant qu'au commencement du ſecond tems exprimé par *B C* égale à *A B*, la péſanteur ceſſe d'agir ſur le mobile, il continuera de deſcendre ſans accélération, en parcourant autant d'eſpaces ſemblables à *B D* qu'il y a dans *B C* de parties égales à celles du premier tems *A B*. Mais la ſomme de ces lignes eſt double de celles du premier tems, comme il eſt facile de le voir en partageant le quarré *B D C E* en deux triangles ; il eſt donc démontré, que le mobile, en vertu des vîteſſes

acquiſes pendant le premier tems, eſt en état de parcourir un eſpace double de celui qu'il a parcouru. Ainſi quand le mobile *G* de notre expérience eſt parvenu à la fin du premier eſpace, quand bien même il n'acquerroit plus de nouvelles vîteſſes, pendant la ſeconde vibration du pendule, il s'avanceroit juſqu'au chifre 3.

Mais ſi la péſanteur continue d'agir, elle doit produire pendant le ſecond tems autant d'effet que pendant le premier. Si l'on ajoute donc ſur le côté *D E* qui repréſente un tems égal à *A B*, des lignes dont le nombre & la longueur ſoient ſemblables aux premieres *c c*, *d d*, &c. on aura, pour les eſpaces parcourus dans le ſecond tems, les trois triangles *B C D*, *C D E*, & *D E F*, dont la ſomme égale trois fois *A B D*.

De même quand le mobile *G* part du point 1, il eſt en état de parcourir dans le ſecond tems deux eſpaces, en vertu des vîteſſes acquiſes pendant le premier tems, & un troiſiéme, en conſéquence de la nouvelle impulſion qu'il reçoit à chaque tems,

& de cette maniere il parvient au chifre 4.

La même choſe ſe paſſe pour tous les autres tems ; & pour peu qu'on y faſſe attention, on voit que le quatriéme, neuviéme, ſeiziéme eſpaces parcourus, répondent au deuxiéme, troiſiéme, quatriéme tems, & que les quantités qui appartiennent à chaque tems, priſes ſéparément, ſont entr'elles comme les chifres 1, 3, 5, 7, &c.

Il ſuit de-là qu'un corps qui eſt tombé d'une certaine hauteur, ſe trouve avoir à la fin de ſa chûte, un degré de vîteſſe, tel qu'il lui faudroit, pour remonter auſſi haut, ſi quelque cauſe changeoit ſa direction. Et s'il remonte en effet avec ſa vîteſſe acquiſe, ſon mouvement eſt retardé en montant, comme il a été accéleré en deſcendant.

Car ſuppoſons, par exemple, que le corps *A*, *Fig.* 12. ſoit arrivé en *B* par une vîteſſe accélérée, c'eſt-à-dire, en parcourant dans le premier tems l'eſpace 1, & dans le ſecond, l'eſpace 2, trois fois plus grand ; s'il remontoit en vertu de la vîteſſe actuelle qu'il a,

& que la péſanteur ceſsât d'agir ſur lui, il remonteroit dans le premier tems de *B* en *A*.

Mais ſi la péſanteur vient à retarder ce mouvement, elle agira ſur le mobile qui monte, comme ſur celui qui deſcend; elle lui donnera de haut en bas, une tendance capable de le faire deſcendre de la quatriéme partie de *A B*. Ainſi au lieu de remonter juſqu'en *A*, il n'arrivera que en *C*; & dans le tems ſuivant, la même tendance qu'elle continue de lui donner, étant trois fois plus grande, il ne fera en montant que la troiſiéme partie de ce qu'il a fait dans le premier tems; il arrivera donc en *A* en deux tems: & les eſpaces qu'il parcourra ſeront 3 & 1. D'où l'on voit, que la vîteſſe d'un corps qui remonte, eſt retardée par la péſanteur ſelon la progreſſion des nombres impairs 1, 3, 5, 7, &c.

APPLICATIONS.

Ce que nous venons d'enſeigner par l'expérience précédente, touchant l'accélération des corps graves, & touchant les loix de cette accélération,

célération, ſe trouve exactement vrai dans la ſpéculation : dans la pratique même, les différences ne ſont point ſenſibles quand on n'examine que des chûtes peu conſidérables, telles que celles que nous avons employées. Mais ſi l'on applique cette théorie aux effets naturels, lorſqu'il s'agit de grandes hauteurs, elle n'a pas lieu dans toute ſon étendue à cauſe de la réſiſtance des milieux ou des autres obſtacles qui peuvent retarder la vîteſſe des corps qui tombent. Nous en avons déja donné des preuves par la ſeconde expérience, & nous en avons cité d'autres qui ont été faites en grand, tant en Italie qu'en France & en Angleterre. En 4 ſecondes $\frac{1}{2}$ une boule de plomb tombe de la hauteur de 272 pieds ; ſelon la loi de l'accélération que nous venons d'établir, & ſans avoir égard à aucune réſiſtance étrangere, ce mobile devroit en parcourir 289 ; c'eſt donc 17 pieds que la réſiſtance de l'air retranche en pareil cas, du produit de ſon accélération.

Cette diminution ſeroit encore plus

conſidérable, ſi la boule au lieu d'être de plomb étoit de bois, ou de quelque matiere encore plus légere. Car nous avons déja fait voir que la réſiſtance du milieu retarde d'autant plus le mouvement des corps, qu'ils ont plus de volume & moins de maſſe; & l'on voit auſſi par les expériences de M. Deſaguilliers que nous avons déja citées, qu'une boule de carton de 5 pouces de diamétre, employa 6 ſecondes ½ pour tomber d'auſſi haut que la boule de plomb, au lieu qu'une chûte de cette durée auroit dû produire 325 pieds, c'eſt-à-dire, 53 de plus qu'elle n'a fait.

La chûte des corps ne différe des autres mouvemens que par ſa direction; la réſiſtance des milieux s'y fait donc appercevoir de même; c'eſt-à-dire, qu'il faut avoir égard non-ſeulement au volume du mobile relativement à ſon poids, mais encore à ſon dégré de vîteſſe, & à la denſité du fluide dans lequel il fait ſa chûte. Car il faut plus de force ou de tems pour déplacer de l'eau, que de l'air en pareille quantité. Il arrive de-là que quand un corps a acquis par ſon

accélération un certain dégré de vîteſſe qui le met en équilibre avec le milieu réſiſtant, il continue de s'y mouvoir uniformément.

Les corps qui tombent arrivent plutôt ou plus tard à ce mouvement uniforme, ſelon la denſité des milieux qu'ils traverſent, ou ſelon qu'ils ont plus ou moins de volume avec la même maſſe. C'eſt pourquoi ſi l'on jette par une fenêtre des corps de différens poids, comme des fragmens de papier, de bois, de pierre, on peut remarquer que les premiers après avoir accéleré dans l'eſpace de 12 ou 15 pieds, tombent enſuite d'un mouvement ſenſiblement égal; la grêle tombe plus vîte que la pluye, & la pluye plus vîte que la neige par la même raiſon. Sans ces retardemens l'eau du Ciel qui fertiliſe la terre, & dont la nature diſpoſe ſelon nos beſoins, déſoleroit continuellement nos campagnes & nos habitations; & la plus petite grêle, par l'extrême vîteſſe de ſa chûte, ſeroit un fardeau à craindre pour nos têtes.

Ce que la réſiſtance des milieux retranche de l'accélération de la pé-

ſanteur dans les corps qui deſcendent, elle l'ajoûte à ſon retardement dans les corps qui ſe meuvent de bas en haut. Ainſi le corps *B*, *Fig.* 12, qui, en vertu de ſa vîteſſe acquiſe, pourroit remonter juſqu'au point *A* d'où il eſt deſcendu, s'arrêtera plus bas à cauſe du milieu qui lui réſiſte, & qui détruit une partie de ſon mouvement. Quand on laiſſe tomber une balle d'yvoire ſur un marbre, ces deux corps fuſſent-ils d'une élaſticité parfaite, il ne faudroit pas s'attendre que la balle remontât juſqu'au lieu de ſon départ; l'expérience eſt tout-à-fait d'accord avec cette théorie.

II. SECTION,

Des Phénomenes où le mouvement eſt compoſé de la péſanteur & de quelque autre puiſſance.

SI l'on ſe rappelle ici ce que nous avons dit du mouvement compoſé, on n'aura plus que des applications à faire des principes généraux que nous avons établis; car la péſan-

teur eſt une puiſſance dont la direction & l'intenſité ſont connues par ce que nous venons d'enſeigner. Si l'on connoît les autres forces qui contribuent avec elle au mouvement d'un corps, les différens effets qui peuvent en réſulter ſeront toujours conformes aux loix du mouvement composé, que nous avons établies dans la Leçon précédente. Parcourons les cas les plus généraux & les plus intéreſſans.

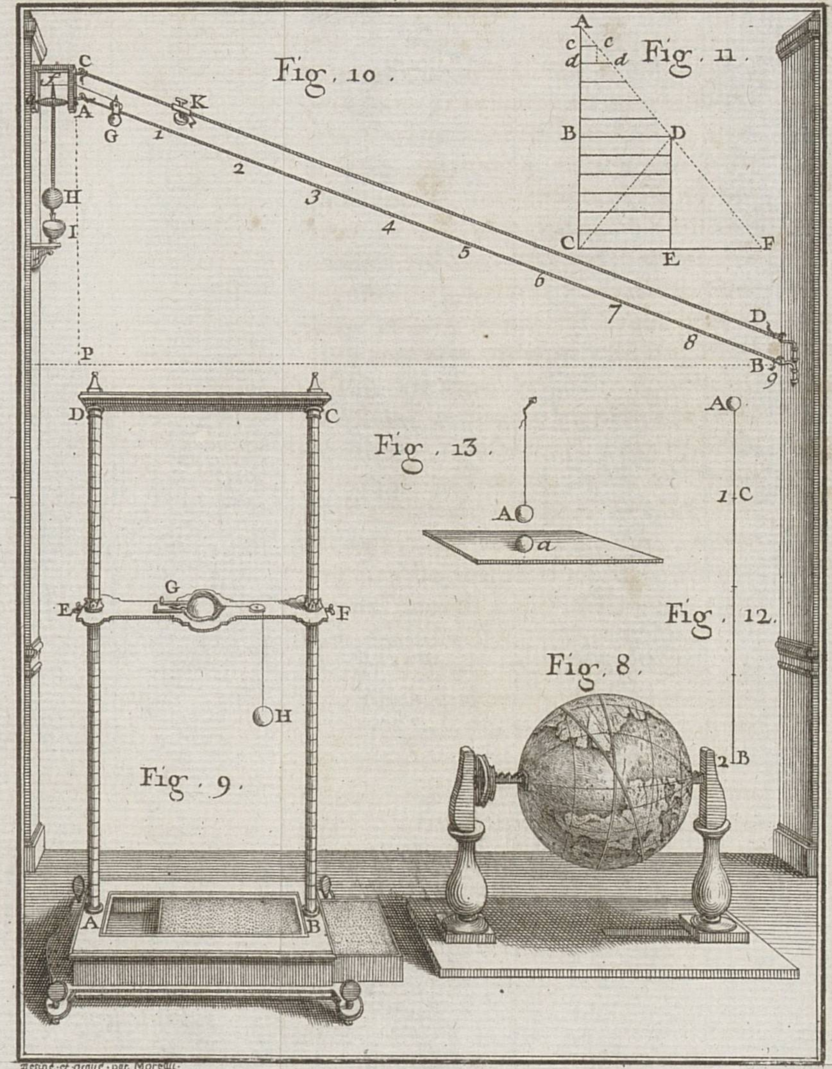
Quand un corps n'obéit pas pleinement à ſa péſanteur, tant pour la direction que pour l'intenſité, c'eſt qu'il eſt retenu par quelque obſtacle, ou ſollicité par quelque force active qui agit directement ou indirectement contre cette premiere puiſſance.

Si l'obſtacle eſt directement opposé à la péſanteur, & qu'il ſoit invincible, comme le fil qui ſuſpend la boule *A*, *Fig.* 13. ou bien le plan horizontal qui l'empêche de paſſer outre, c'eſt un mobile qui ſe trouve entre deux puiſſances égales, opposées dans la même ligne, ſçavoir l'action de ſa gravité, & la réaction du

point fixe auquel il eſt ſuſpendu, ou du plan ſur lequel il repoſe ; & nous avons dit qu'en pareil cas, le mobile reſte en repos. Ou bien ſi l'obſtacle peut céder à la péſanteur, c'eſt le cas de deux forces dont l'une obéit ſuivant l'avantage que l'autre a ſur elle ; le mouvement demeure ſimple, mais ſeulement retardé, comme il arrive quand les corps graves tombent par des milieux réſiſtans.

Les corps graves à qui les obſtacles ne cédent qu'inſenſiblement comme le poids d'une horloge, d'un tournebroche, &c. ne laiſſent appercevoir aucune accélération dans leur chûte, parce que dans ces ſortes de machines le mouvement eſt moderé par des moyens qui à chaque inſtant raménent le mobile à ſa vîteſſe initiale, c'eſt-à-dire, à ce dégré de vîteſſe infiniment petit, avec lequel il commenceroit à tomber s'il étoit libre.

Pour concevoir comment un corps peut tomber long-tems, & de ſuite, ſans accélerer ſon mouvement, qu'on ſe repréſente une boule qui tombe par un eſcalier dont les marches ſont un peu larges, & de maniere qu'en



Deſſiné et gravé par Moreau.

tombant de la premiere ſur la ſeconde, il n'acquiert que la vîteſſe néceſſaire pour gagner le bord en roulant, & pour tomber ſur la troiſiéme, & ainſi des autres ; il eſt évident qu'à la centiéme marche ſa chûte ſera ſemblable à celle qu'elle a faite à la premiere, parce que comme on le ſuppoſe, chaque fois qu'elle a roulé horizontalement, elle a perdu la vîteſſe qu'elle avoit acquiſe par la chûte précédente. Il arrive à peu près la même choſe, quoique moins ſenſiblement, au poids d'une pendule ; quand une dent du rochet échappe aux paletes, la fuſée tourne un peu, la corde file d'autant, & le poids fait une petite chûte que les yeux n'apperçoivent pas, à cauſe de ſon peu de durée, mais qui eſt pourtant plus prompte à la fin qu'au commencement ; la réſiſtance qu'éprouve la dent ſuivante jusqu'à ce qu'elle échappe, conſomme bien-tôt cette petite augmentation de vîteſſe, & la ſeconde chûte ſe fait comme la premiere, c'eſt-à-dire, comme ſi le mobile partoit du repos.

Si quelque choſe oblige un corps

grave à deſcendre par une ligne oblique à l'horizon, ou c'eſt un obſtacle dont la réaction ſe proportionne aux efforts de la péſanteur, comme un plan incliné, ou un fil qui tient le mobile ſuſpendu; ou bien c'eſt une force active qui a ſa meſure déterminée, comme l'effort du bras qui jette une pierre, ou celui de la poudre enflammée qui fait partir une balle de mouſquet. Examinons en détail ces deux cas dans les Articles ſuivans.

Article premier.

De la chûte des corps par des plans inclinés.

Le plan incliné dont il eſt ici queſtion, eſt celui qui n'eſt ni vertical comme *a p*, *Fig.* 14. ni horizontal comme *p C*, mais qui comme la ligne *a C*, forme un triangle avec les deux premieres lignes.

Le plan incliné l'eſt d'autant moins qu'il s'éleve davantage au-deſſus du plan horizontal; ou, ce qui revient au même, que la ligne *a p* eſt plus longue par rapport à *p C*. Ainſi le plan *a C*, eſt plus incliné que *a D*.

Quand un mobile deſcend par un plan incliné, c'eſt la même choſe qu'il ſoit ſoutenu par un plan ſolide dont l'inclinaiſon ſoit conſtante, ou qu'il ſoit toujours proportionnellement tiré par une puiſſance dont la direction faſſe à tous les inſtans un angle ſemblable avec celle de la péſanteur, comme *F A* ou *f a*.

Un corps grave qui eſt obligé de deſcendre ainſi par une ligne oblique à l'horizon, doit être conſideré comme obéiſſant à deux forces dont les directions ſont différentes, & ſon mouvement doit ſe compoſer ſelon les loix que nous avons établies dans la Leçon précédente : les effets que nous avons à examiner ici, n'en ſont que des applications & des exemples.

Suppoſons donc que *A P* repréſente la péſanteur, c'eſt-à-dire, l'eſpace que parcourroit le mobile *A* dans le premier tems de ſa chûte, s'il tomboit librement ; & que *A F* ſoit une autre puiſſance qui le tire en avant & obliquement : en formant ſur ces deux premiers côtés le parallélogramme *P A F a*, comme nous l'avons enſeigné, la petite diagonale

A a donnera & la direction & la quantité du mouvement compoſé. Ainſi l'on voit qu'à la fin du premier tems le mobile ſera en *a*, c'eſt-à-dire, beaucoup moins bas qu'il ne ſeroit s'il n'avoit ſuivi que l'impulſion de ſa péſanteur.

Si l'on veut ſçavoir quel ſera le produit du ſecond tems, il faut repréſenter les deux puiſſances par des lignes trois fois plus longues ; car la péſanteur qui auroit fait tomber le mobile par *A P* dans le premier tems, lui auroit fait parcourir *a p* trois fois plus long dans un pareil tems pris de ſuite.

Cette augmentation de puiſſances, ſi leurs directions ne changent point de rapport, donnera pour le ſecond tems la diagonale *a b*, trois fois plus longue que *A a*; & dans le même alignement : & ſi l'on continue la même opération, on aura enfin par la ſuite de ces diagonales le plan incliné *A C*.

Si l'on change la direction de la puiſſance qui fait obſtacle à la péſanteur, & qu'elle devienne comme *c a* ou *d a*, le parallélogramme change,

& par conſéquent le mouvement composé qui eſt exprimé par la diagonale. Le mobile au lieu de deſcendre par *a b*, tombera par *a g* ou *a h*, de ſorte que ſi ce changement de direction alloit juſqu'à faire agir l'obſtacle perpendiculairement au penchant de la péſanteur comme *e a*, alors la chûte du mobile ne ſeroit nullement retardée, au lieu qu'elle le ſeroit totalement ſi la réſiſtance ſe faiſoit dans un ſens directement contraire comme *i a*, ce qui n'a pas beſoin d'être expliqué.

De ces principes il ſuit, 1°. qu'un corps ne tombe jamais auſſi vîte par un plan incliné, que par la ligne verticale, qui eſt ſa direction naturelle: car au lieu de parcourir *A P* dans le premier tems, on voit qu'il ne deſcend que de la quantité *A k*; & aucun des points *b g h* n'eſt auſſi bas que *p*.

2°. Que plus le plan eſt incliné à l'horizon, plus la chûte eſt retardée: car en deſcendant par le plan *a C*, le mobile ne parcourt que la ligne *a b*, dans le tems qu'il parcourroit la ligne *a g*, s'il deſcendoit par le plan

a D moins incliné ; & ſi le plan étoit tout-à-fait horizontal, il auroit beau ſe mouvoir, ſa chûte ſeroit abſolument nulle.

3°. Que la péſanteur, quoique retardée, accélere la chûte des corps ſuivant les mêmes loix & les mêmes proportions, que la péſanteur qui agit ſeule & avec liberté. Car on voit que la ligne *a b*, produit du ſecond tems, eſt trois fois plus grande que *A a*, produit du premier. Cette différence eſt ſemblable à celle des lignes *A P* & *a p* qui expriment des chûtes libres.

4°. Que l'on peut comparer la vîteſſe d'un mobile qui deſcend par un plan incliné, à celle du même corps, qui tomberoit librement par la ligne verticale, ou les dégrés de vîteſſe de deux corps qui parcourent des plans différemment inclinés, puiſqu'on ſçait la quantité de la chûte pour chaque inſtant pris de ſuite, comme *A a*, *a b*, ſur un plan dont on connoît l'inclinaiſon, & la différence de ces quantités ſur differens plans, comme *a b*, *a g*, en tems égaux. Ainſi en prenant pour terme de comparaiſon

le tems que le mobile mettroit à tomber perpendiculairement de la hauteur du plan *ap*, on trouve que la durée de ſa chûte par le plan incliné eſt plus longue de la même quantité dont le plan *aC* ou *aD*, excéde en longueur la ligne *ap*. Rendons ceci ſenſible par une expérience.

PREMIERE EXPERIENCE.

PREPARATION.

Il faut diſpoſer les cordes de la *Figure* 10. de maniere qu'elles forment un plan incliné *AB* qui ait deux fois autant de longueur que de hauteur, & ajuſter le pendule de maniere qu'il faſſe une vibration pendant qu'une balle d'yvoire tombe de la hauteur *AP*. Si le mobile *G* part en même tems que cette balle,

EFFETS.

Il n'arrivera au bout du plan incliné qu'à la fin du ſecond tems ; c'eſt-à-dire, que la durée de ſa chûte eſt à celle de la balle d'yvoire, comme la longueur du plan incliné qu'il parcourt, eſt à ſa hauteur.

* *Fig.* 14. Si l'on conçoit *a p*, * hauteur du plan incliné comme le diamétre d'un cercle, & que l'on prenne cette ligne pour le produit de la chûte perpendiculaire dans un tems donné, la demie circonférence de ce cercle paſſera par l'extrémité de toutes les chûtes obliques *b*, *g*, *h*; cette méthode une fois connue, eſt plus ſimple pour ſçavoir tout d'un coup le rapport de la chûte oblique *ML*, *MN*, &c. *Fig.* 15. avec la chûte perpendiculaire *MP*. C'eſt une abbréviation de la régle que nous avons donnée d'abord, & elle ſuffit, quand on connoît l'inclinaiſon du plan.

Il ſuit de-là cette propoſition génerale. *Qu'un corps employe pour deſcendre obliquement par la corde quelconque d'un cercle, autant de tems qu'il lui en faudroit pour tomber par le diamétre entier de ce même cercle poſé verticalement.*

Cela eſt démontré pour les cordes qui partent du point *M*, *Fig.* 15. par * *Fig.* 14 ce qui a été dit touchant *a b*, *a g*, * &c. & la même preuve vaut pour *OP*, *QP* & ſemblables, puiſqu'étant paralleles à *ML*, *MN*, &c. elles

leur ſont égales en longueur & en inclinaiſon : une expérience rendra cette démonſtration plus facile à ſaiſir.

II. EXPERIENCE.

PREPARATION.

La machine qui eſt repréſentée par la *Figure* 16. eſt un grand cercle, dont le diamétre qui a environ 3 pieds $\frac{1}{2}$, eſt terminé par deux trous qui reçoivent ſucceſſivement une alidade *B C* creuſée en forme de gouttiere, & qui tournant ſur le point *A* & ſur le point *B* alternativement, peut meſurer toutes les cordes du cercle. Il faut avoir deux balles de cuivre ou de plomb qui ayent environ 6 lignes de diamétre, dont l'une ſe place en *A*, ſous une petite pince à reſſort *D*, qui ne la laiſſe tomber que quand on tire le fil de la détente. Quand on veut diſpoſer l'autre balle, pour deſcendre par une corde qui tende au point *B*, on y place le centre de l'alidade, & l'on met la balle ſous une pince ſemblable à la premiere, retenue par une bride qui gliſſe & qui s'arrête où l'on veut par le moyen d'une vis *E*. Cette

même bride porte par derriere une eſpéce de cocq qui embraſſe la circonférence du grand cercle, & qui ſert à fixer l'alidade à tel dégré d'inclinaiſon que l'on ſouhaite. Lorſqu'on veut faire deſcendre la ſeconde balle par une corde venant du point *A*, il faut y placer l'alidade, & une balle dans la goutiere préciſément au centre du mouvement, de maniere qu'on l'apperçoive par le trou *A*. On met dans cet œil un petit cylindre de bois qui s'y meut avec liberté, & ſur lequel on poſe l'autre balle que l'on retient avec la pince à reſſort, & alors la même preſſion fixe les deux balles à cauſe de l'interpoſition du petit cylindre. Un curſeur qui gliſſe ſur l'alidade, termine la gouttiere à l'endroit où finit la corde que l'on meſure.

Effets.

L'alidade étant placée comme *BC*, dès qu'on tire le fil qui tient aux deux détentes, les deux balles tombent en même tems, & ſe rencontrent en *B*; & cet effet ne varie point quoi-

que

que la corde du cercle devienne plus longue ou plus courte, par le changement d'inclinaiſon de l'alidade; de même ſi l'alidade eſt placée en *A*, les deux balles arrivent en même tems l'une en *B*, l'autre en *F*, à quelque diſtance que *F* ſoit du point *A* dans la circonférence du cercle, ce qui s'apperçoit, parce que la balle qui frappe l'obſtacle qui eſt dans la goutiere, & celle qui touche le point *B*, ne font entendre qu'un même coup.

EXPLICATIONS.

Ce que nous avons dit ci-deſſus, nous diſpenſeroit d'expliquer cette expérience, ſi l'on s'eſt donné la peine de ſuivre les démonſtrations; mais ſi l'on ſe contente de ſçavoir en général, pourquoi en pareil cas un mobile met autant de tems à faire un court chemin qu'un plus long, (ce qui ſemble un paradoxe,) il faut faire attention qu'un corps grave en tombant, ne fait jamais plus de chemin que quand il deſcend perpendiculairement à l'horizon; qu'il n'en fait au contraire jamais moins que lorſqu'il

eſt ſur un plan preſqu'horizontal; puiſque ſi l'alidade étoit diſpoſée comme *B e*, ou *A f*, la balle ne deſcendroit point du tout : & qu'ainſi les lignes décrites par ſa chûte dans un tems fixe, doivent être d'autant plus courtes qu'elles ſont plus inclinées à l'horizon, ou (ce qui eſt la même choſe) qu'elles s'écartent plus de la direction verticale.

Applications.

Puiſque le plan incliné eſt toujours plus long que le plan vertical à hauteur égale, il eſt aiſé de voir qu'un eſcalier, une rampe douce, une échelle dreſſée obliquement, ne ménent point à une certaine élévation, par la route la plus courte. Cependant tous les jours on choiſit ces moyens par préférence à ceux qui pourroient faire gagner du tems. Quand il s'agit, par exemple, d'arriver en voiture à quelque endroit fort élevé, ou de faire monter de grands fardeaux, comme des tonneaux de vin qu'on tire d'une cave, ou des blocs de marbre que l'on méne du bateau ſur le port, &c. c'eſt preſque

toujours par des plans inclinés, qui exigent plus de tems qu'une aſcenſion plus directe. Il y a donc une raiſon qui détermine à perdre du tems; car naturellement les moyens les plus prompts ſont ceux que l'on aime le mieux. Oui, ſans doute; ſi le plan incliné retarde la vîteſſe des corps qui deſcendent, il faut moins d'effort pour arrêter leur chûte; & quand ils ſont ainſi ſoutenus, leur poids eſt toujours plus facile à vaincre, ſoit qu'on veuille les tenir en repos, ſoit qu'on ſe propoſe de les tranſporter de bas en haut. Quand on choiſit de pareils plans pour élever les corps, ou pour rallentir leur chûte, le tems qu'on employe de plus, eſt donc moins une perte, qu'un échange de la vîteſſe en force; la liberté de choiſir entre l'une & l'autre eſt d'un grand avantage dans les méchaniques. Nous pourrions examiner ici quel rapport il y a entre la vîteſſe que l'on perd, & la quantité de force qu'on eſt diſpenſé d'employer ſur un mobile, quand on le fait deſcendre ou monter par un plan incliné; mais c'eſt une queſtion qui trouvera na-

turellement ſa place, lorſque nous traiterons des machines qui ſervent à employer le mouvement.

Si la vîteſſe actuelle d'un corps qui deſcend par un plan incliné, eſt toujours moindre que celle du même corps qui tomberoit perpendiculairement, il eſt vrai de dire qu'à chaque point de ſa chûte oblique, la vîteſſe acquiſe eſt égale à celle qu'il auroit, s'il étoit tombé perpendiculairement d'une hauteur ſemblable : toute la différence qu'il y a, c'eſt qu'il lui faut plus de tems pour acquérir cette vîteſſe par un mouvement oblique, que par un mouvement direct à l'horizon.

Quand le mobile *A*, *Fig*. 17. eſt en *a*, il a donc la même vîteſſe qu'il auroit s'il étoit tombé directement d'*A* en *a*, ou d'*M* en 1 ; quand il eſt en *b*, comme s'il venoit de *B*, par une ligne qui eſt égale à *M* 2 ; & à la fin de la chûte par *A a*, *ab*, *b* 3, la ſomme de ſes vîteſſes acquiſes eſt égale à celle que lui auroit procurée une chûte verticale par *M* 3, ce qui vient de ce que la hauteur verticale de cette derniére chûte eſt éga-

le à celle des trois premiéres priſes enſemble, & que l'accélération par le plan incliné eſt proportionnelle à celle d'une chûte verticale & libre.

Or nous avons dit que la chûte accélérée donne au mobile une force capable de le faire remonter auſſi haut que le lieu d'où il eſt deſcendu ; & comme cette accélération ſuit les mêmes loix dans la chûte oblique, comme dans la chûte perpendiculaire à l'horizon, cette propoſition que nous n'avons fait qu'énoncer, ſera prouvée ſi nous faiſons voir par des expériences qu'un corps remonte autant qu'il a deſcendu, dans quelque direction que ſe faſſent ſa chûte & ſon aſcenſion. Mais afin de tout prouver en même tems, il faut dire un mot de la deſcente des corps graves par les courbes.

Nous avons déja dit ailleurs qu'une ligne courbe doit être conſidérée comme un aſſemblage de petites lignes droites contiguës, & inclinées les unes aux autres ; on peut donc regarder auſſi le mobile qui deſcend, ou qui remonte par une courbe, comme parcourant pluſieurs petits plans

inclinés entre eux ; & en appliquant ſucceſſivement à toutes ces parties diverſement inclinées, tout ce que nous avons dit d'un ſeul plan dont l'inclinaiſon ſeroit uniforme, il ſera aiſé d'appercevoir la cauſe des variations que les différentes courbures font naître, dans le mouvement des corps graves, ſoit de haut-en-bas, ſoit de bas-en-haut.

Pour bien entendre ceci, ſuppoſez que le quart de cercle *A E D*, *Fig.* 18. ſoit compoſé de 4 lignes droites: le mobile en les parcourant ſera ſoutenu ſur des plans d'autant plus inclinés, qu'il approchera plus du terme de ſa chûte *D*, & il eſt évident, après tout ce que nous avons dit ci-deſſus, que ſi l'effet de la péſanteur étoit uniforme, il mettroit beaucoup moins de tems à parcourir la partie *A B*, que *E C*, ou *C D*, parce que cette premiére ligne s'écarte bien moins que les autres de la direction verticale. Mais à cauſe de l'accélération, ſi le mobile ſe trouve de *C* en *D*, ſur un plan plus incliné, il a auſſi plus de vîteſſes acquiſes ; & comme cette vîteſſe actuelle du mobile au

point *C*, dépend des vîteſſes particuliéres que l'inclinaiſon des autres parties lui a permis de prendre, il y a telle courbe où ces premiéres parties plus approchantes de la direction verticale, rendent le commencement de la chûte plus prompt, & la vîteſſe totale plus grande : telle eſt la ligne *FGH*, *Fig*. 19. que l'on nomme *cycloïde*, courbe fameuſe en Géometrie par le grand nombre & l'importance de ſes propriétés, & en méchanique par l'uſage que M.Hughens en fit, lorſqu'il appliqua les vibrations du pendule aux horloges.

Un mobile ne tombe donc pas auſſi vîte par un quart de cercle que par une cycloïde, parce que le commencement de la courbure dans la premiére de ces deux lignes, s'écarte davantage de la direction verticale que dans l'autre : & que les retardement cauſés ſur la fin par l'inclinaiſon du plan, ne ſont pas ſuffiſamment compenſés par les vîteſſes précédemment acquiſes. C'eſt par cette raiſon qu'on explique un effet qui paroît encore plus ſingulier ; c'eſt que la chûte qui ſe fait par la corde qui me-

ſure l'arc de cercle comme *HI*, quoique plus courte, eſt cependant moins prompte ; ce qui eſt contraire au préjugé où l'on eſt, que le chemin le plus court eſt toujours celui qui demande le moins de tems ; à la vérité cette différence n'eſt pas grande, elle n'eſt pas même ſenſible quand les cordes & les arcs ſont petits.

Il eſt tems maintenant de prouver que les corps remontent à la même hauteur d'où ils ſont deſcendus, quelque direction qu'ils ayent eûe en tombant, & par quelque eſpéce de ligne qu'on les conduiſe en remontant.

III. EXPERIENCE.

PREPARATION.

Au centre du grand cercle de la machine que nous avons employée dans l'expérience précédente, on attache un pendule fait d'un fil de ſoie & d'une balle de plomb qui peut avoir 7 ou 8 lignes de diamétre, & l'on calle le pied avec les vis, de maniére que le fil du pendule en repos ſoit paralléle à la ligne *A B*. Il faut avoir 2 aiguilles de fer, qui ſe fixent

fixent perpendiculairement au plan du cercle, l'une aux points *c* & *d*, *Fig*. 20. & l'autre aux points *e*, *f*, *g*, ſucceſſivement.

EFFETS.

Quand on laiſſe tomber le pendule librement du point *h*, s'il ne rencontre point d'obſtacles ſur la ligne *a b*, il s'éléve juſqu'en *g*; s'il rencontre une aiguille au point *c*, il remonte en *f*, & ſi l'aiguille eſt placée en *d*, il remonte en *e*; on juge aiſément de l'endroit où il s'éléve en plaçant en *e*, *f* & *g* une aiguille de fer qu'il va toucher.

EXPLICATIONS.

La balle du pendule étant tombée de *h* en *b*, & ne rencontrant point d'obſtacle, employe la vîteſſe qu'elle a acquiſe par ſon accélération, dans un arc de cercle, qui a le même centre que celui qu'elle vient de décrire; l'aiguille qui ſe trouve enſuite au point *c* ou *d*, devient un nouveau point fixe, autour duquel elle employe ce qu'elle a de mouvement; & au lieu de décrire l'arc *b g*, elle re-

monte par *b f* ou *b e*, ſelon la longueur du rayon qui lui reſte, après la rencontre de l'aiguille ; mais quoiqu'elle remonte par des arcs fort différens, il eſt facile de voir qu'elle arrive toujours à même hauteur, car *d e f g* ſont dans la même ligne.

Cette expérience prouveroit trop, ſi le centre de la balle s'élevoit exactement juſques dans la ligne *d g*, parce que la réſiſtance de l'air, & quelques petits frottemens inévitables, lui font perdre un peu de ſa vîteſſe ; auſſi doit-on faire attention que quand elle touche l'aiguille placée au point *e*, *f* ou *g*, il s'en faut de tout ſon demi-diamétre que ſon centre ne ſoit arrivé à cette hauteur.

APPLICATIONS.

Cette expérience nous conduit naturellement à dire quelque choſe de cette eſpéce de mouvement qu'on nomme *oſcillation.* Le fréquent uſage qu'on en fait dans les horloges, & la liaiſon qu'il a avec la Phyſique, par les moyens qu'on employe pour l'exécuter, exige que nous faſſions connoître ce qu'il importe le plus d'en

ſçavoir ; mais nous devons nous borner à ce qui peut être ſoumis à l'expérience, & nous renvoyons pour ce qui eſt purement Mathématique, aux ſçavans ouvrages de Galilée, de MM. Hughens, de Mairan, &c. & aux extraits qu'on en a faits.

On appelle *oſcillation*, ou *vibration de pendule*, le mouvement d'une balle de plomb, ou de quelque autre corps équivalent, attachée par un fil, ou par une verge, à un point fixe, autour duquel elle décrit un arc, comme dans l'expérience que nous venons d'expliquer.

On diſtingue deux ſortes de pendules ; le ſimple & le composé.

Le pendule ſimple ſeroit celui dont le fil de ſuſpenſion n'auroit aucune péſanteur, & dont la balle ne péſeroit que par un ſeul point, comme ſi, par exemple, toute ſa gravité réſidoit au centre.

Le pendule compoſé, eſt celui qui péſe par pluſieurs points de ſa longueur, comme ſi, par exemple, la même verge de ſuſpenſion portoit deux boules, l'une au-deſſus de l'autre. Quand il n'y auroit qu'une balle

à la même verge, ſi cette verge a une péſanteur conſidérable, ou que la boule ſoit grande, (ce qui eſt le cas le plus ordinaire dans la pratique), ce pendule alors doit être regardé comme compoſé, quoiqu'il ſoit d'uſage de le nommer ſimple. Ce que nous allons dire d'abord touchant la théorie du pendule, doit s'entendre du plus ſimple, c'eſt-à-dire, de celui dont tout le poids réſideroit au point *b*, *Fig*. 20.

Ce point de gravité qui décrit les arcs, ſe nomme *centre d'oſcillation*, & le point *a*, autour duquel il ſe meut, s'appelle *centre de mouvement*.

Quand la boule du pendule eſt amenée de *b* en *h*, & qu'on la laiſſe libre, ſa péſanteur qui la ſollicite à deſcendre, & le fil qui la retient toujours à égale diſtance du point *a*, lui font décrire l'arc *h b*; mais un corps qui deſcend ainſi par un, ou par pluſieurs plans inclinés, acquiert la même vîteſſe qu'il auroit, s'il étoit deſcendu perpendiculairement de la hauteur *d b* du plan; il continue donc ſon mouvement en remontant en *g*, c'eſt-à-dire, à une hauteur égale à

celle d'où il eſt parti. Alors ayant conſommé toute ſa vîteſſe, il ne peut point paſſer outre; il ne peut pas non plus reſter en repos, parce que ſa péſanteur exige qu'il deſcende; & comme il eſt dans le même cas où il étoit au point *h*, il doit retourner de *g* en *b*, & de *b* en *h*, & ainſi de ſuite pour les autres vibrations : d'où l'on voit que rien n'approche plus du mouvement perpétuel qu'un pendule, puiſque ſans la réſiſtance du milieu, les oſcillations ſeroient toujours égales, la boule ayant toujours en *b* des vîteſſes ſuffiſantes pour remonter à la hauteur, dont il faut qu'elle deſcende pour en reprendre de pareilles.

Ceci ſe prouve fort bien avec la machine que nous avons décrite dans la *Fig.* 17. de la quatriéme leçon, en employant un fil très-fin & une balle de plomb de 7 ou 8 lignes de diamétre; car en s'y prenant ainſi, on réduit la réſiſtance de l'air à très-peu de choſe, & toutes les vibrations ſe partagent en deux arcs ſenſiblement égaux, à l'endroit le plus bas de la chûte.

Nous avons vû précédemment qu'un mobile qui deſcend par un arc de cercle, fait ſa chûte un peu plus vîte que s'il tomboit par la corde de cet arc, & plus lentement que par une demi-cycloïde renverſée ; mais comme ces deux courbes ſe confondent dans leur partie inférieure *D* * ; quoiqu'elles ayent des propriétés différentes l'une de l'autre, il eſt évident que ſi le pendule ne fait que de petites vibrations, on pourra meſurer ſon mouvement par l'arc qu'il parcourt. On ſçait qu'il y a toujours une proportion réglée entre un arc de cercle & ſa corde, de ſorte que ſi l'une peut être un terme de comparaiſon pour la meſure des vibrations, l'autre le pourra devenir auſſi.

* *Fig.* 19.

Or nous avons prouvé ci-deſſus que la chûte qui ſe fait par la corde quelconque d'un cercle, dure autant que la chûte perpendiculaire par le diamétre entier du même cercle ; il y a donc un rapport conſtant entre la durée d'une demi-vibration, & le diamétre du cercle dont elle eſt l'arc, ou bien la longueur du pendule qui en eſt le rayon.

Le diamétre $f\,3$, *Fig.* 17. étant donc placé perpendiculairement à l'horizon, s'il eſt d'une telle hauteur, qu'un mobile le deſcende en une ſeconde, le même mobile fera au bout du rayon *Mb* des demi-vibrations $b\,3$, ou $3\,c$, qui dureront chacune une ſeconde.

Mais ſi l'on accourcit ou qu'on allonge le pendule, le diamétre du cercle dont il eſt toujours la moitié, ſera plus court ou plus long proportionnellement, & comme il faut plus de tems pour deſcendre d'une plus grande hauteur verticale, les vibrations dureront auſſi plus ou moins, ſelon que le rayon, au bout duquel elles ſe feront, ſera moitié d'un diamétre de cercle plus ou moins grand.

Enfin quand une fois la durée d'une demi-vibration eſt réglée, & que l'on ſçait par la longueur du pendule, à quelle hauteur perpendiculaire elle répond, il eſt aiſé de ſçavoir de quelle hauteur verticale tomberoit le mobile pendant le tems d'une vibration entiére ; car puiſque ces deux demi-vibrations ſe font en tems égaux, & que l'accélération ſe fait ſelon les

nombres impairs, 1, 3, 5, &c. ſi la premiére demi-vibration a duré une ſeconde, & que ce tems réponde à une chûte de 15 pieds, le ſecond tems ſemblable produira de ſuite 3 fois 15, c'eſt-à-dire, 45 pieds, ainſi la ſomme de la chûte perpendiculaire pendant deux ſecondes ſera de 60 pieds.

IV. EXPERIENCE.

PREPARATION.

On ôte l'alidade de la machine que nous avons repréſentée par la *Fig.* 16. & l'on y laiſſe le pendule comme dans l'expérience précédente; on retient la balle à une petite hauteur, comme au point *G*, par le moyen d'une pince à reſſort qui ſe fixe à la circonférence du cercle, on retient de même une autre balle ſemblable en *A*, & l'on ajuſte les détentes de façon qu'en tirant le même fil, on faſſe ouvrir en même tems les deux pinces.

La fléche *D H*, que nous avons tronquée dans la figure, doit être aſ-

ſez longue pour y meſurer trois longueurs égales à *A B*, au-deſſus du point *A*, pour y placer la pince & la balle.

Effets.

1°. Quand on fait ouvrir les deux pinces, la balle *A*, & celle du pendule *G* partent en même tems, & ſe rencontrent en *B*.

2°. Si l'on répéte l'expérience en augmentant beaucoup l'arc du pendule, on obſerve que la balle *G* arrive un peu plutôt que l'autre en *B*.

3°. Si l'on tranſporte la pince & la balle *A* au bout de la fléche, de maniére qu'elle ſoit 4 fois auſſi élevée que le diamétre *A B*; en répétant ainſi l'expérience, la balle *A* arrive en *B*, lorſque le pendule achéve ſa vibration, ce qui peut s'obſerver aiſément, en faiſant frapper le pendule contre quelque obſtacle ſonore, que l'on met un peu plus bas que le terme de ſa vibration.

4°. Si l'on fait oſciller deux pendules de même longueur, comme *G*, *M**, & que leurs arcs ſoient égaux, * *Fig.* 16.

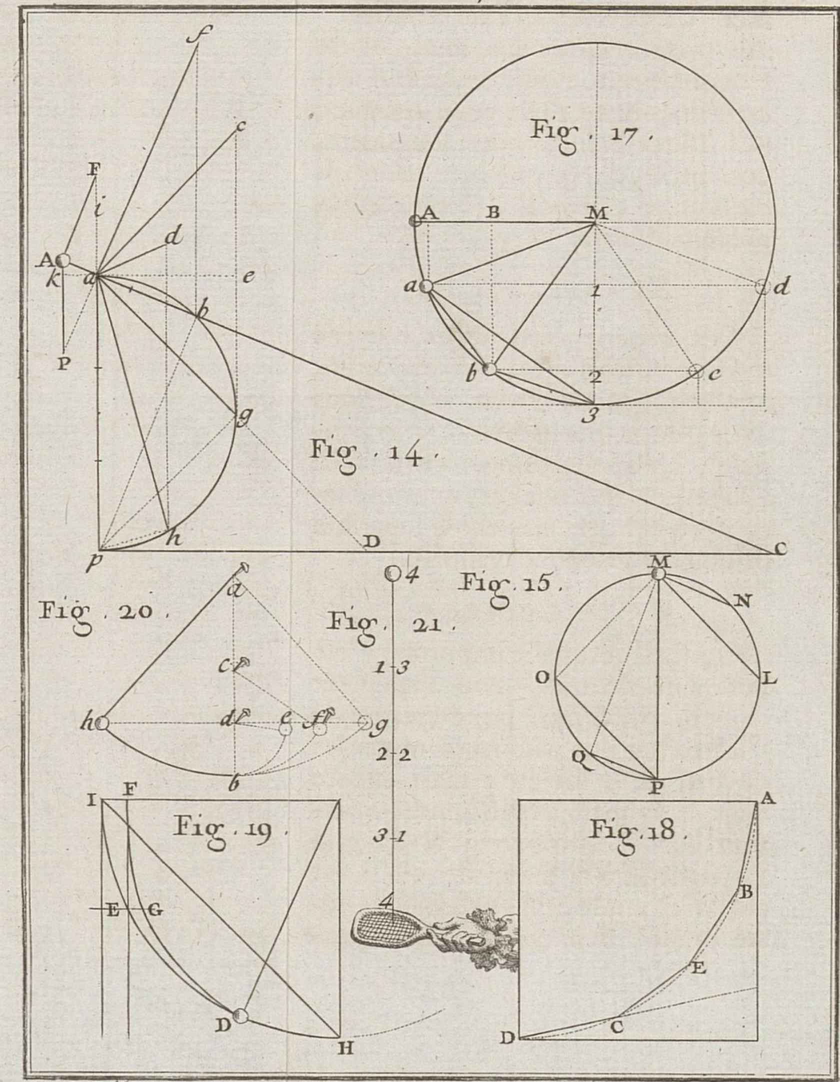
s'ils partent en même tems, ils ſe rencontrent toujours enſemble vis-à-vis de la ligne *DB*; & au contraire s'ils ſont de différentes longueurs, comme *G*, *L*, quand bien même ils partiroient enſemble, le plus court précéde l'autre.

EXPLICATIONS.

Ces expériences, & les moyens qu'on employe pour les exécuter, ſont expliquées par tout ce que nous avons dit ci-deſſus touchant le pendule, & l'application en eſt ſi aiſée à faire à chaque réſultat, que nous regardons comme une choſe ſuperflue de nous y arrêter davantage.

APPLICATIONS.

On ſçait de quelle importance eſt la meſure du tems, non ſeulement dans la vie civile, pour mettre de l'ordre dans nos actions & régler les devoirs de la ſociété; mais encore dans la plûpart des Sciences, ſurtout dans l'Aſtronomie & dans la Phyſique, où la durée des effets eſt aſſez ſouvent le principal objet de notre étude, & le moyen le plus pro-



D. et G. par Moreau.

pre à nous donner une juſte idée de la cauſe. Le pendule, comme il paroît par ce que nous venons de prouver, eſt un inſtrument qui peut mieux que tous ceux qui ſont connus d'ailleurs, meſurer des parties de tems fort égales entr'elles, & nous en faire connoître la quantité par la durée & par le nombre de ſes oſcillations: on ne peut trop applaudir à ceux qui en ont fait la découverte, ou d'heureuſes applications.

Galilée n'eut pas plutôt trouvé les propriétés du pendule, qu'il ſentit l'avantage qu'on en pourroit tirer; l'uſage qu'il en fit lui-même pour régler ſes obſervations & ſes expériences, lui valut une exactitude & une préciſion, qu'il auroit eu bien de la peine à ſe procurer autrement, & le dédommagea en quelque ſorte du travail pénible que cette invention avoit pû lui coûter.

Mais le pendule, tel qu'il l'employoit, ne pouvoit meſurer qu'une quantité de tems peu conſidérable, parce que la réſiſtance de l'air diminuoit peu-à-peu l'étendue des oſcillations, & les faiſoit enfin ceſſer, ſi

quelqu'un n'avoit ſoin de ranimer le mouvement. De plus il falloit avoir l'attention de les compter l'une après l'autre, pour en avoir la ſomme; & cette ſujettion rendoit cette nouvelle meſure du tems impraticable en bien des occaſions, de ſorte que le pendule n'étoit encore qu'un inſtrument de Philoſophe, dont ne pouvoit profiter le commun des hommes, qui préfére toujours la facilité à l'exactitude, quand l'une & l'autre ne vont point enſemble.

M. Hughens après un travail que les ſeuls Géométres entendent, fit une application du pendule, dont tout le monde peut profiter; il le joignit aux horloges pour régler leur mouvement, & cette ingénieuſe addition a eu tant de ſuccès, & a été ſi généralement reçûe, que les horloges de chambre en ont pris le nom de *pendules*.

Pour être en état d'entendre comment un pendule rend une horloge plus exacte, il faut ſçavoir que ces ſortes d'inſtrumens ſont animés par un reſſort, ou par un poids qui met en mouvement un certain nombre

de roues, par le moyen deſquelles les aiguilles parcourent les graduations du cadran : ſi ce mouvement n'étoit point retenu par un modérateur, il ſeroit trop précipité, & l'aiguille qui marque les heures, ne pourroit jamais aller aſſez lentement, pour ne faire que deux tours en 24 heures.

Mais ſi le modérateur eſt ſujet à des inégalités, ſoit qu'il les cauſe lui-même, ſoit qu'il ſe laiſſe maîtriſer par celles du rouage, ou du reſſort qui l'anime, le mouvement ſera inégalement modéré, & l'aiguille ne meſurera pas en tems égaux des parties égales du cadran, il y aura des heures qui paroîtront plus longues, ou plus courtes qu'elles ne doivent être.

C'eſt à ce modérateur imparfait juſqu'alors, que l'on a ſubſtitué le pendule, & voici comment.

Comme toutes les roues s'engrennent réciproquement, & qu'elles ne peuvent ni ſe mouvoir, ni s'arrêter l'une ſans l'autre, ſi l'une de ces roues va réguliérement, le mouvement commun de toutes les autres ſera régulier. Une d'entr'elles qu'on nomme *rochet*, ou *roue de rencontre*, ne

peut tourner que quand une certaine piéce, qui porte deux palettes, ou quelque choſe d'équivalent, ſe léve pour laiſſer paſſer une de ſes dents. Si du paſſage d'une dent à l'autre il ſe paſſe toujours des tems égaux, & que la roue ſoit exactement diviſée; il eſt évident que le mouvement de cette roue, & celui de toutes les autres auſquelles elle communique, ſera parfaitement uniforme. C'eſt donc à cette piéce d'*échappement* qu'on a adapté le pendule, afin que ſes vibrations, dont la durée eſt toujours égale, rectifiaſſent les petites irrégularités qui peuvent venir du rouage, ou de l'action du reſſort.

Nous avons dit que les oſcillations qui ſe font par les arcs du même cercle, ne ſont point d'une durée parfaitement égale, quand ces arcs ſont plus grands les uns que les autres: quoique cette différence ſoit fort petite, & qu'on puiſſe la négliger, quand il ne s'agit que d'un tems peu conſidérable, cependant après un grand nombre d'oſcillations, ces petites quantités multipliées feroient une ſomme ſenſible, & cette ſource d'er-

reur n'a point échappé à M. Hughens. Il prévit bien qu'avec le tems le rouage d'une horloge ſe ſaliroit, que les huiles s'épaiſſiroient, que les frottemens pourroient s'augmenter, en un mot que le mouvement pourroit ſe rallentir, & que le pendule réglé d'abord pour faire des oſcillations d'une certaine grandeur, les feroit plus courtes dans la ſuite. C'eſt ce qui le porta à chercher une courbe d'oſcillation, dans laquelle il fût abſolument indifférent que le pendule meſurât de grands ou de petits arcs. Le ſuccès de ſes recherches, auſquelles pluſieurs Sçavans prirent part, fut auſſi heureux que leur objet étoit curieux & intéreſſant pour la Géométrie; il trouva que la cycloïde avoit la propriété qu'il cherchoit, & il la ſubſtitua au cercle, en mettant au centre du mouvement du pendule une portion de cette courbe, autour de laquelle le fil qui ſuſpendoit la verge pouvoit s'envelopper. Mais, comme nous l'avons fait voir par la *Fig.* 19. le cercle & la cycloïde ſe confondent en la partie inférieure; les oſcillations ſe font auſſi exactement dans le

cercle, ſi elles ont peu d'étendue; & c'eſt le parti que l'on a pris depuis dans l'Horlogerie, pour éviter une certaine flexibilité qu'il falloit donner à la verge en ſa partie ſupérieure, pour obéir à la portion de cycloïde qui devoit déterminer la nature de ſon mouvement.

Mais ſi la Géométrie a fourni des moyens pour rendre les vibrations toujours égales en durée, par la nature ou par la quantité de la courbe dans laquelle elles ſe font, des cauſes phyſiques les dérangent ſouvent, par les changemens qu'elles apportent à la longueur du pendule.

Comme il faut que le pendule maîtriſe la piéce principale qui ſert à l'échappement, on ne peut pas ſuſpendre la boule, ou la lentille qui fait les vibrations, avec un fil mince & flexible; on ſe ſert ordinairement d'une verge d'acier, qui a environ une demi-ligne d'épaiſſeur, & 3 ou 4 lignes de large. Ces deux dimenſions, & ſa longueur ſur-tout, ne ſont conſtantes que dans une température parfaitement égale; car du plus grand froid au plus grand chaud, un

tel pendule devient ſenſiblement plus ou moins long, par la dilatation ou par la condenſation du métal, comme nous le ferons voir en parlant des effets du feu. Les oſcillations, par cette ſeule cauſe, ſeront donc plus lentes en Eté qu'en Hyver; la même horloge avancera & retardera ſuivant les différentes ſaiſons, ou les différens états de l'air dans lequel elle eſt.

Le ſoupçon d'un pareil effet ſuſpendit le jugement des Phyſiciens, ſur l'obſervation de M. Richer à la Cayenne; pluſieurs crurent que le retardement du pendule qu'il attribuoit à la péſanteur plus diminuée par la force centrifuge vers l'Equateur, qu'en France, n'étoit qu'un effet de la chaleur du climat qui avoit allongé le pendule, ou diminué la denſité du milieu. Mais les expériences qui ont été faites depuis avec beaucoup de ſoin par pluſieurs perſonnes fort intelligentes, & ſur-tout par les Académiciens qui ſont allés par ordre du Roi tant au Cercle polaire qu'à l'Equateur, pour les meſures qui doivent conſtater la figure de la terre; ces expériences, dis-je,

font connoître évidemment que ce n'eſt point la température du climat, mais ſa poſition, qui a obligé M. Richer à raccourcir ſon pendule, parce que l'état de l'air à la Cayenne n'eſt point aſſez différent de la température que nous avons à Paris, eu égard à la correction qu'on eſt obligé de faire au pendule. Car, ſelon M. de Mairan * dont on connoît la ſagacité & l'exactitude, le pendule le plus ſimple qu'on puiſſe exécuter, c'eſt-à-dire, une boule de métal d'un pouce de diamétre ſuſpendue par un fil de pite, doit avoir, pour battre les ſecondes à Paris, 3 pieds 8 lignes & $\frac{17}{30}$ de ligne, à compter du centre d'oſcillation juſqu'à celui du mouvement; & par toutes les expériences qui ont été faites en différens tems, & par diverſes perſonnes, il réſulte conſtamment, qu'un tel pendule ſeroit de plus de deux lignes trop long pour battre les ſecondes dans les climats voiſins de l'Equateur; différence trop grande pour pouvoir être attribuée à la température du lieu; car l'expérience * fait voir qu'une chaleur égale à celle de

* *Mém. de l'Acad. des Sc. 1735. p. 203.*

* *Mem. de l'Acad des Sc. 1735. p. 214.*

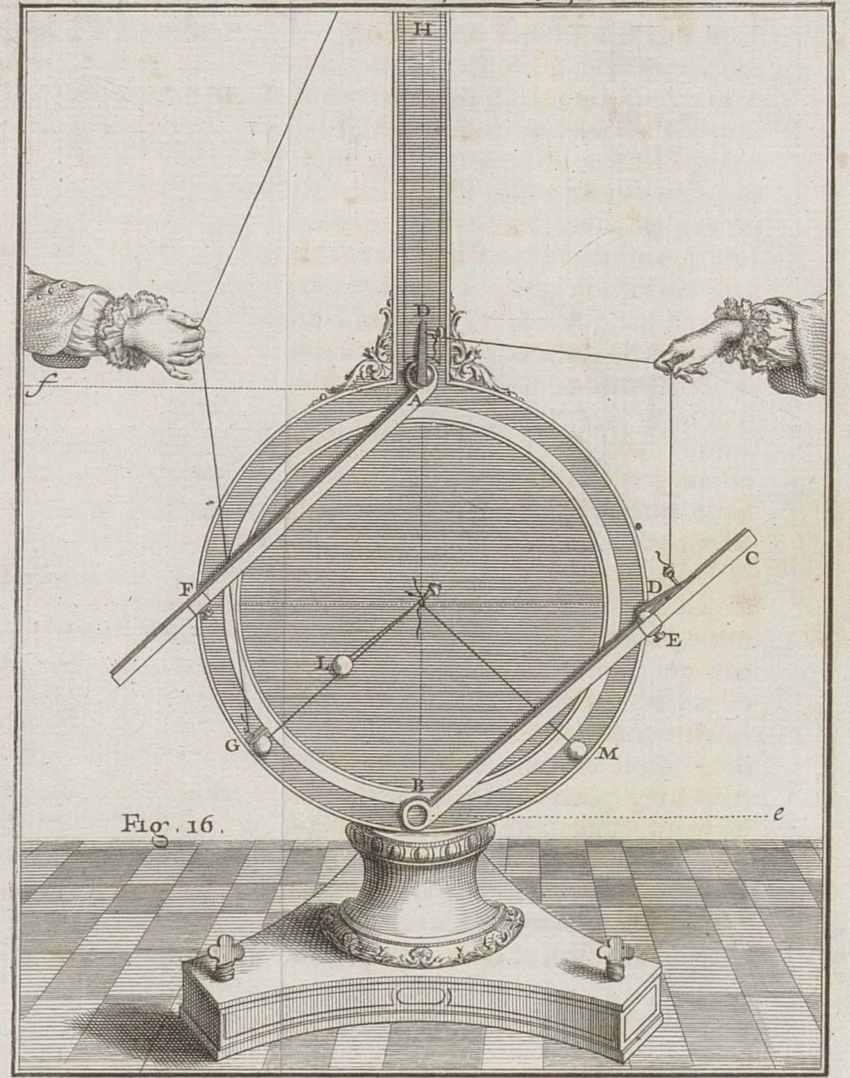


Fig. 16.

D. et G. p. Moreau.

l'eau bouillante, n'allonge que d'un tiers de ligne une verge de fer de 3 pieds 8 lignes $\frac{1}{2}$, telle qu'on l'employe pour le pendule.

Pour procurer au pendule toute la perfection qu'il mérite, les Phyſiciens ont imaginé d'oppoſer à elle-même la cauſe qui en fait varier la longueur : la dilatation en allongeant la verge, fait deſcendre trop bas le centre d'oſcillation ; ce dérangement n'en ſera plus un, ſi quelque autre piéce dilatée par la même chaleur & en même tems, agit en ſens contraire, & en telle proportion, que l'allongement de la verge n'ait pas ſon effet ; on a imaginé pour cela pluſieurs moyens qui ont aſſez bien réuſſi. M. Julien le Roi qui joint aux talens d'un excellent Artiſte, les connoiſſances phyſiques, & les vues qui tendent à la perfection de l'horlogerie, en a propoſé & exécuté un dont le ſuccès eſt aſſuré par une expérience de pluſieurs années. Et en dernier lieu M. de Caſſini donna à l'Académie le projet d'un autre qui fut fort applaudi, parce qu'il peut s'employer plus commodément que la plûpart

de ceux qui ſont connus juſqu'à préſent, & que d'ailleurs il ne promet pas moins d'exactitude. Mais comme le mal & le remède dont il eſt ici queſtion, ont leur ſource commune dans la dilatation plus ou moins grande des métaux, nous remettons ce que nous avons à en dire à la Leçon qui traite du feu, & des effets de la chaleur ſur les corps.

Article II.

Du mouvement des corps cauſé par la péſanteur & par une force active & uniforme.

Cette force que nous ſuppoſons agir avec la péſanteur ſur le même mobile, ſe nomme ordinairement *force projectile ;* tel eſt l'effort du bras qui jette une pierre, ou celui de la poudre qui chaſſe une bombe.

Ce mouvement une fois déterminé par le moteur, continueroit uniformément, ſi la réſiſtance des milieux, les frottemens, &c. n'y mettoient obſtacle ; quoique cela ſoit inévitable dans l'état naturel, nous en ferons cependant abſtraction, par-

ce qu'il eſt plus ſimple & plus facile de faire connoître ce qui ſeroit, ſi ces obſtacles n'y étoient pas, que de dire exactement ce qui eſt, lorſqu'ils y ſont.

Quand un coup de raquette * ou quelque autre impulſion détermine une balle à s'élever de bas en haut perpendiculairement à l'horizon, elle lui imprime une force directement oppoſée à la péſanteur, le mouvement du mobile ſera donc l'effet de la force projectile, moins celui de la péſanteur; c'eſt-à-dire, que ſi la premiere eſt capable de produire une aſcenſion de 60 pieds par ſeconde, comme l'autre opére une chûte de 15 pieds en pareil tems, l'élévation de la balle ſera bornée à 45 pieds pour la premiere ſeconde. Dans la ſeconde ſuivante, la péſanteur ayant trois fois plus d'effet que dans la premiere, cauſera un rabais de 45 pieds ſur les 60 que la balle auroit fait en vertu de la force pojectile qui agit uniformément; ainſi elle ne s'élevera que de 15 pieds, après quoi elle ceſſera de monter, parce qu'alors la péſanteur a de l'avantage ſur la force

* *Fig.* 21.

projectile ; celle-ci ne donne jamais qu'une vîteſſe de 60 pieds par ſeconde au mobile ; celle-là au troiſiéme tems lui donne une vîteſſe de 5 fois 15, c'eſt-à-dire, de 75 pieds en ſens contraire. Il arrive donc en pareil cas, ce que nous avons fait voir * qu'il arriveroit à un corps qui remonteroit en vertu des vîteſſes acquiſes par ſa chûte accélerée.

* *I. ſect. ſix. exp. Fig. 12.*

Dirigeons maintenant la force projectile horizontalement ; & en la ſuppoſant toujours uniforme, partageons ſon effet total *FG*, *Fig.* 22. en quatre parties égales, qui repréſentent autant d'inſtans ſemblables. Si le mobile *F*, pendant le premier tems, deſcend de la quantité 1 *a* en vertu de ſa péſanteur, pendant le tems ſuivant, la même cauſe agiſſant trois fois plus le fera tomber de la quantité *b c*, qui jointe au produit de la premiere chûte, donnera 2 *c* ; en ajoutant de même à cette derniere quantité 3 *d*, l'effet du troiſiéme tems *de*, & à cette ſomme 3 *e*, le produit du quatriéme tems *f g*, on aura une ſuite de points *F a c e g*, qui formeront

une eſpéce de courbe que les Géométres nomment *parabole*.

Hors la perpendiculaire à l'horizon, dans quelque direction que l'on mette la force projectile, pourvû qu'elle ſoit uniforme, ſi la péſanteur agit en même tems ſur le mobile, le mouvement compoſé de ces deux forces ſe fait toujours ſenſiblement dans cette courbe; il n'y a de différence que pour *l'amplitude* qui eſt plus ou moins grande, comme *Hg* ou *Hi*.

En ſuppoſant, par exemple, que le mobile *M*, *Fig.* 23. tende directement au point *P* par une force projectile, ſi l'on retranche de cette force, pendant une ſuite d'inſtans égaux, autant de parties qui expriment les effets de la péſanteur, en augmentant entr'elles comme le quarré des tems; c'eſt-à-dire, qu'après le ſecond tems elle ait perdu 4 fois plus qu'après le premier, à la fin du troiſiéme 9 fois davantage, &c. l'extrémité de toutes ces lignes qui expriment les retardemens cauſés à la force projectile par la péſanteur, donnera la courbe *M r q*, c'eſt-à-

dire, deux demi - paraboles ſemblables à celle de la *Figure* 22. qui ſe joignent au ſommet *r.*

Avant que de mettre ceci en expérience, il eſt à propos d'avertir qu'on ne doit pas s'attendre à des effets parfaitement conformes à la théorie; les Géométres énoncent les choſes avec exactitude, parce qu'ils n'ont qu'à ſuppoſer les élémens qui doivent entrer dans leurs calculs; mais quand il faut que la Phyſique s'en mêle, il y a preſque toujours à rabattre, parce que l'on a le plus ſouvent ſuppoſé trop ou trop peu; la force projectile & la péſanteur ne peuvent produire enſemble un mouvement vraiement parabolique, que quand elles ne ſouffrent aucune altération; quand, par exemple, la premiere eſt toujours uniformément égale dans tous les inſtans, & que la ſeconde eſt toujours exactement accélerée, ſelon la progreſſion que nous avons établie; & cela n'eſt point dans l'état naturel, parce que la réſiſtance de l'air retarde l'une & l'autre, & les retarde irréguliérement.

Il y auroit bien encore quelque choſe

choſe à dire en faiſant attention que la direction de la péſanteur n'eſt point parallele à elle-même, c'eſt-à-dire, que toutes les lignes perpendiculaires à l'horizon, par l'extrémité deſquelles le mobile paſſe pour décrire la courbe *Faceg*, ne ſont point paralleles comme on le ſuppoſe, puiſqu'elles tendent toutes au centre de la terre; mais la force projectile que nous ſommes capables d'imprimer à un corps, a ſi peu d'étendue, que cette cauſe n'a lieu que dans la rigueur géométrique, & ne produit aucun effet ſenſible.

V. EXPERIENCE.

PREPARATION.

La *Figure* 24. repréſente une cuvette plus longue que large, qui porte ſur un de ſes grands côtés un plan vertical, & ſur un de ſes petits côtés, un gros tuyau de verre au bas duquel eſt une eſpéce de robinet, dont la clef en tournant porte dans toutes ſortes de directions le petit ajutage *A* que l'on ouvre en tournant une autre petite clef *B*; on met du mercure dans le tuyau juſqu'à une

hauteur convenable ; & le robinet eſt percé de façon que les frottemens ſont diminués le plus qu'il eſt poſſible.

EFFETS.

1°. L'ajutage *A* étant vertical, lorſqu'on laiſſe échapper le mercure, il ſe fait un petit jet dans la même direction, qui après s'être élevé un peu moins haut que la ſurface ſupérieure du réſervoir *C*, retombe ſur lui-même, & s'épanouit comme les jets d'eau qu'on voit dans les jardins.

2°. Lorſqu'on met l'ajutage dans la direction horizontale *A D*, & que le mercure eſt à une hauteur convenable dans le tuyau, le jet ſe fait vis-à-vis de la parabole *A E D*.

3°. Quand l'ajutage eſt oblique, comme dans la direction *A F* ou *AG*, le jet décrit l'une ou l'autre des paraboles *A I K*, ou *A L M*.

EXPLICATION.

Lorſque le mercure ſort par l'ajutage, il eſt pouſſé par une force projectile qui lui vient de la péſanteur de celui qui eſt dans le tuyau, & cette

force peut être regardée comme uniforme, ſi le jet dure peu, & que la ſurface *C* du réſervoir ne baiſſe point ſenſiblement. Le mercure s'éléve juſqu'à ce que ſa péſanteur qu'il faut vaincre, ait conſommé entiérement ſa force projectile; & cet effet arrive avant qu'il parvienne à la hauteur de la ſurface *C*, parce que les frottemens & la réſiſtance du milieu affoibliſſent un peu cette force qui le fait monter.

Quand le jet de mercure s'échappe dans une direction horizontale, il continueroit dans la même ligne, s'il n'obéiſſoit qu'à la force qui le pouſſe dehors; mais dès qu'il eſt ſorti, la gravité s'en empare auſſi, & ſon action qui croît comme les nombres impairs 1, 3, 5, &c. fait voir à l'œil ce que nous avons ſuppoſé dans la *Figure* 22.

Enfin l'on peut dire la même choſe de la ligne que décrit le mercure lorſqu'il s'échappe par *AF* ou *AG*: ſa péſanteur ne lui permet pas d'y continuer ſon mouvement; elle l'en écarte par des quantités qui ſont conformes aux loix de ſon accélération, & la ligne qu'il ſuit eſt ſenſible-

ment une parabole, parce que vers la fin, où la réſiſtance de l'air fait le plus d'obſtacle, le jet en s'épanouiſſant, devient plus large, & la partie ſupérieure ne ſort preſque pas de la parabole géométrique qui eſt tracée ſur le plan.

On peut encore appeller ici en preuves les expériences ſur le mouvement composé, où nous avons fait entrer la péſanteur pour une des puiſſances compoſantes; telles ſont celles que nous avons repréſentées par les *Figures* 11. & 13. Car dans l'une & dans l'autre, la courbe que trace le mobile par ſon mouvement, & que nous n'avons pas nommée alors, eſt encore une parabole, comme on le peut voir en y appliquant les régles que nous avons établies ci-deſſus.

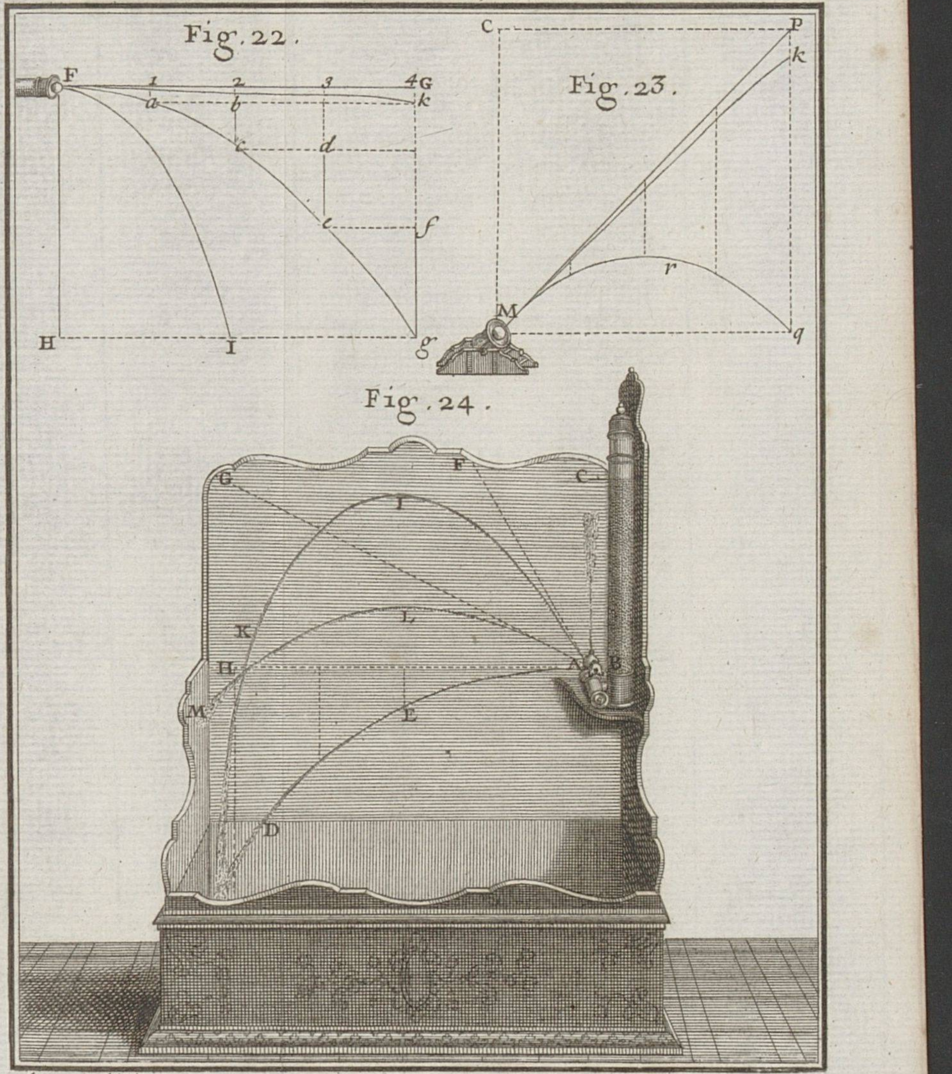
APPLICATIONS.

Toute la *balliſtique*, c'eſt-à-dire, cette partie de l'artillerie qui conſiſte à meſurer avec juſteſſe le jet d'un corps fort péſant, comme une bombe, un boulet de canon, &c. conſiſte dans la combinaiſon qu'il faut

faire de la force projectile, & de la péſanteur du mobile. On conçoit aiſément par la ſeule inſpection des *Figures* 22. & 23. que la direction d'un boulet de canon ou d'une bombe étant une fois réglée, l'amplitude Hg ou Mq eſt d'autant plus grande, que le mobile eſt pouſſé avec plus de vîteſſe; car s'il pouvoit parcourir dans le premier inſtant toute la diſtance qui eſt entre les deux paralleles FH, Gg, ou MC, Pq, la parabole paſſeroit au point k, & ne différeroit pas beaucoup d'une ligne droite: ainſi un mortier qui a une certaine inclinaiſon, chaſſe donc la bombe d'autant plus loin, que la force projectile imprime plus de vîteſſe; mais cette force projectile vient de l'exploſion de la poudre, & c'eſt une choſe très-difficile que d'eſtimer avec quelque juſteſſe la valeur de cette impulſion. Elle dépend principalement de la qualité de la poudre & de la quantité, non pas que l'on y employe, mais qui s'enflamme; car il ne faut pas croire que dans ces grandes charges, le feu prenne par-tout avant le départ: l'expé-

rience a fait voir qu'une grande partie tourne en pure perte ; ainſi l'on voit qu'une des quantités les plus eſſentielles à connoître, pour juger le mouvement d'une bombe, eſt ſujette à beaucoup de variation ; * auſſi quoiqu'on exige avec raiſon que les Officiers d'Artillerie ſoient inſtruits des principes, on a encore plus de raiſons pour vouloir qu'ils ſoient bien exercés aux Ecoles établies dans cette vue.

* *Mém. de l'Acad. des Sc.* 1716. *pag.* 79.



Brunet fecit

VII. LEÇON.

Sur l'Hydroſtatique.

ON appelle *Hydroſtatique* la ſcience qui a pour objet, la péſanteur & l'équilibre des liqueurs. Quoique la gravité de ces corps ſoit la même que celle des autres, & qu'elle ſoit ſoumiſe aux mêmes loix que nous avons enſeignées dans la Leçon précédente, l'état de liquidité donne lieu à des phénoménes particuliers qu'il eſt important de connoître, & qui méritent d'être traités à part.

Archiméde parmi les anciens Philoſophes, eſt celui qui paroît avoir fait le plus de progrès dans cette étude; on lui fait encore honneur aujourd'hui de la maniere ingénieuſe par laquelle il reconnut qu'une couronne d'or n'étoit pas au titre auquel elle devoit être, en la péſant dans l'eau. Parmi les modernes Galilée, Toricelli, Deſcartes, Paſchal, Guillelmini; & dans ces derniers

tems M. Mariote, ont ajouté beaucoup de belles connoiſſances à celles que l'on avoit déja ; & leurs expériences auſſi convaincantes que curieuſes, nous ont mis en état de ſçavoir ce que nous devons craindre ou attendre de la force des eaux qui agiſſent par leur poids, & comment nous pouvons la tourner à notre utilité, en l'employant par le moyen des machines hydrauliques.

Les liqueurs, ſuivant l'idée que nous en avons donnée dans notre premiere Leçon, *page* 44. ſont des matieres dont les molécules, extrêmement petites & mobiles entre elles, n'ont point une cohérence bien ſenſible, de façon que chacune obéit librement à ſon propre poids, tout au contraire des corps ſolides, dont les parties liées & adhérentes les unes aux autres, réſiſtent plus ou moins fortement à leur ſéparation, ne ſe meuvent que toutes enſemble, & exercent leur péſanteur en commun.

Nous ne cherchons point ici quelles ſont les cauſes de la liquidité, ni les différentes propriétés qui con-

viennent à cet état des corps : ces queſtions trouveront leurs places dans la ſuite. Il ne s'agit maintenant que de la maniere dont les liqueurs péſent ; & comme tout ce qui eſt liquide, ne l'eſt pas également, il eſt bon d'avertir que ce qu'exigent les loix de l'hydroſtatique, s'exécute d'autant moins exactement, que les corps s'éloignent davantage de la parfaite liquidité. L'eau & l'huile ſe répandent ſi leurs vaiſſeaux viennent à ſe caſſer ; mais l'entiére effuſion de celle-ci eſt plus lente.

Les fluides dont les parties ſont auſſi ſubtiles, auſſi mobiles que celles des liqueurs, ont les mêmes propriétés qu'elles ; mais s'ils ſont compoſés de molécules groſſiéres & capables de s'accrocher fortement les unes aux autres, leur gravité a des effets un peu differens : l'air prend auſſi exactement que l'eau, la forme du vaiſſeau qui le contient ; mais la fumée ne ſe répand pas de même, ni auſſi promptement, dans le lieu où elle eſt.

Pour ſe former de la péſanteur des liqueurs ou des fluides une idée juſte,

une idée qui facilite l'intelligence des phénoménes que nous avons à expliquer, il faut conſidérer les matieres qui ſont en cet état, comme un amas de petits corps ſolides, très-durs, indépendans les uns des autres, péſans ſéparément & à proportion de leurs petites maſſes. Mais une choſe ſur-tout qu'on ne doit jamais oublier, c'eſt l'extrême petiteſſe de ces molécules, qui les rend non-ſeulement impalpables, mais qui les ſouſtrait aux yeux les plus perçans, lors même qu'ils empruntent le ſecours des meilleurs microſcopes. C'eſt principalement de cette derniere qualité, que dépendent les effets les plus ſinguliers de l'hydroſtatique, ceux dont l'explication a peine à ſe concilier avec une démonſtration rigoureuſe.

Nous comprendrons en trois ſections ce que nous avons à dire touchant l'hydroſtatique. Dans la premiere, nous examinerons de quelle maniere s'exerce la péſanteur d'une liqueur dont les parties ſont homogénes, ou conſidérées comme telles; dans la ſeconde, nous ferons voir

comment ſe comportent enſemble pluſieurs liqueurs dont les denſités ſont différentes ; & dans la troiſiéme, nous comparerons les corps ſolides avec les liqueurs, en les y plongeant.

PREMIERE SECTION.

De la péſanteur & de l'équilibre des liqueurs, dont les parties ſont homogénes.

SELON l'idée que nous nous ſommes faite des liqueurs, celles qui ſont homogénes ſont compoſées de particules qui ſont ſemblables, tant par la figure, que par la grandeur & le poids ; une certaine quantité d'eau, par exemple, ſera donc un amas de très-petits corps mobiles, qui auront des forces égales pour ſe mouvoir de haut en bas ; ſur ces principes on peut établir les propoſitions ſuivantes.

PREMIERE PROPOSITION.

Les liqueurs péſent, non-ſeulement quant à leur maſſe totale, mais encore en elles-mêmes, c'eſt-à-dire, quant aux parties qui les compoſent.

La premiere partie de cette propoſition n'a pas beſoin d'autre preuve, que l'expérience qu'on en a tous les jours, en portant un verre plein d'eau ou de vin à la bouche ; on ſent bien que quand il eſt vuide, il ne péſe pas autant. Comment donc ſe pourroit-il faire qu'une ſomme de petits corps péſans n'euſſent point de poids ?

L'autre partie eſt une ſuite néceſſaire de la premiere, & ne ſemble pas avoir plus beſoin qu'elle d'être prouvée. Car ſi la maſſe totale péſe, d'où lui peut venir cette péſanteur, ſinon des parties matérielles qui la compoſent ? Cependant la plûpart des Phyſiciens s'y arrêtent, parce qu'il s'en eſt trouvé quelques-uns qui ont prétendu que les liquides ne péſoient point *dans leur propre élément;* mais par cette expreſſion, vouloient-ils dire que les parties d'une liqueur ne péſent point dans la maſſe qu'elles compoſent ; qu'elles n'ont plus de péſanteur abſolue ? Ou bien ſeulement, qu'elles ſont en équilibre entre elles ? Si ce dernier ſens eſt celui qu'ils ont attaché à leur propoſition, c'eſt combattre un phantôme, que de s'amu-

ſer à prouver qu'une certaine quantité d'eau, par exemple, eſt encore péſante, quand elle eſt mêlée avec d'autre eau, ou qu'elle contribue au poids de la maſſe dont elle fait partie. Quoi qu'il en ſoit, voici la preuve qu'on en donne.

PREMIERE EXPERIENCE.

PREPARATION.

La *Figure* 1. repréſente un fleau de balance, qui tient en équilibre dans un vaſe plein d'eau, une petite bouteille de verre fort épaiſſe, vuide & bouchée.

EFFETS.

Auſſi-tôt qu'on débouche la bouteille, elle s'emplit d'eau, & elle va au fond du vaſe.

PREPARATION.

On ſçait que de deux corps attachés aux bras d'une balance, celui qui enléve l'autre a le plus de poids; ſi la bouteille en ſe rempliſſant d'eau enléve le baſſin qui la ſoutenoit en équilibre, c'eſt que cette eau la rend

plus péſante qu'elle n'étoit, & pour preuve que l'augmentation de ſon poids n'eſt autre choſe que celui de l'eau qu'elle reçoit, il n'y a qu'à rétablir l'équilibre, en ajoutant du poids dans le baſſin oppoſé; ce poids ajouté ſera égal à celui d'une pareille quantité d'eau péſée hors de la maſſe dont elle fait partie : ce qui fait bien voir, à quiconque en voudroit douter, qu'une certaine quantité de liqueur a toujours ſa péſanteur abſolue, ſoit qu'elle faſſe partie d'une plus grande maſſe de la même liqueur, ſoit qu'elle ſe prenne ſéparément.

APPLICATIONS.

Des exemples ſans nombre nous mettent tous les jours ſous les yeux des effets ſemblables à celui que nous venons de voir dans l'exemple précédent. De même qu'une bouteille, quand on la débouche, devient plus péſante par l'eau qui la remplit, un ſceau qui flotte, ou une barque s'enfoncent & ſe perdent, lorſqu'il s'y fait quelque ouverture qui lui fait faire eau. La matiére qui compoſe ces ſortes de vaiſſeaux, eſt ordinai-

rement plus péſante que le fluide qui les ſoutient, s'il peut s'y introduire & remplir leurs capacités, le tout enſemble fait une maſſe dont le poids excéde celui d'un égal volume d'eau; & par cette raiſon, le vaiſſeau tombe au fond.

Les corps bien poreux ou ſpongieux, qui demeurent quelque tems expoſés à un air humide, comme les bois, les pierres tendres, la terre même, n'en deviennent-ils pas plus péſans? & tout au contraire ne perdent-ils pas dans un air plus ſec, une partie de leur poids avec leur humidité? Ceux qui vendent au poids des marchandiſes qui ſont ſuſceptibles de ſéchereſſe & d'humidité, comme le tabac, l'indigo, le ſucre, &c. ont grand ſoin de les tenir dans des lieux frais, pour prévenir ou réparer une évaporation qui leur cauſeroit un déchet réel.

On eſt dans l'uſage de conſerver dans l'eau les bois qu'on deſtine à la conſtruction des vaiſſeaux. Quand on les a jettés dans le baſſin, on les voit ſurnager d'abord; mais peu-à-peu ils s'enfoncent, & demeurent cachés

ſous la ſurface de l'eau : c'eſt que ce liquide les pénétre avec le tems, ſoit qu'il rempliſſe des vuides, ſoit qu'il prenne la place d'autres matiéres plus légéres qui cédent à ſon effort, & alors la piéce composée de bois & d'eau, égale ou ſurpaſſe même en péſanteur le liquide qui l'environne ; car c'eſt un fait conſtant, que les parties propres du bois le plus léger péſent plus que l'eau. Le liége même ne ſurnage plus, lorſqu'ayant été longtems macéré, ſes parties ſe déſuniſſent, & ne compoſent plus, comme d'ordinaire, un volume où il y a beaucoup plus de vuide que de ſolide.

L'eau qui pénétre les corps, ajoute donc à leur poids, en qualité de liqueur péſante, non-ſeulement lorſque ces corps ſont hors d'elle, mais lors même qu'ils y ſont entiérement plongés; & cela parce que les parties des liquides, comme celles des autres corps, ſont de petites portions de matiére, & que toute matiére eſt péſante.

II. PROPOS.

II. PROPOSITION.

Les parties d'une même liqueur exercent leur péſanteur, indépendamment les unes des autres.

Cette propriété leur vient de ce qu'elles n'ont point de cohérence ſenſible, de ce qu'elles peuvent ſe ſéparer preſque ſans effort, tout au contraire des corps ſolides, dont les parties ſont liées, adhérentes & difficiles à déſunir. Si l'on veut enlever une pierre, ou un morceau de bois, par quelque endroit qu'on le prenne, on ſoutient toute ſa maſſe, il eſt bien naturel qu'on en ſente auſſi tout le poids : mais ſi l'on met le bout du doigt ſous le fond d'un vaiſſeau percé & plein de liqueur, pour arrêter l'écoulement, on n'a à vaincre que le poids de la colomne qui répond perpendiculairement au trou ; car pourquoi porteroit-on les autres, ſi celle-là peut tomber ſans les entraîner avec elle ? L'expérience rendra ceci évident.

II. EXPERIENCE.

PREPARATION.

Au fond d'un grand vaiſſeau cylindrique de verre, repréſenté par la *Fig.* 2. on a pratiqué un trou & une virole cylindrique d'un pouce de diamétre, que l'on bouche avec un morceau de liége bien arrondi & graiſſé, afin qu'il puiſſe céder à une médiocre preſſion; le canal commencé par la virole, eſt continué dans le vaiſſeau par un tube de verre *A*, de même diamétre, qui peut s'ôter quand il en eſt beſoin; & le tout eſt porté ſur un trépied, au-deſſus d'un plat ou d'un baſſin, pour recevoir l'eau qui s'écoule.

EFFETS.

Après avoir verſé doucement de l'eau dans le tuyau *A*, on remarque à quelle hauteur elle eſt, quand ſon poids chaſſe le bouchon *B*; on ôte le tuyau, on remet le bouchon, comme il étoit avant, & ſi l'on emplit le vaſe juſqu'à ce que le bouchon ſorte de ſa place, on pourra ob-

ſerver que l'eau eſt préciſément à la même hauteur qu'elle étoit précédemment dans le tuyau.

EXPLICATIONS.

On ne peut diſconvenir que le bouchon *B* ne ſoit chaſſé de ſa place par le poids de l'eau. Il réſiſte autant, lorſqu'on emplit le grand vaiſſeau, que quand on ne charge que le tube, pourvû que ce ſoit à même hauteur : il eſt donc évident que ce tuyau ne change rien à la preſſion du fluide, & que la colomne qui péſe ſur le bouchon, agit de même, ſoit qu'on la ſépare du reſte par une enveloppe ſolide, ſoit qu'elle ait communication avec la maſſe totale. Ne diſſimulons pas cependant que le frottement cauſe quelque petite différence, parce que cette réſiſtance eſt plus grande, quand la colomne d'eau ſe meut dans un tuyau dont la ſurface eſt ſolide, que quand elle n'eſt contenue que par une maſſe d'eau dont les parties ſont roulantes.

Pour prendre une idée juſte de ces ſortes d'écoulemens, & pour concevoir avec facilité pourquoi les flui-

des exercent leur péſanteur autrement que les ſolides, il faut ſe repréſenter, comme on le voit par la *Fig*. 3. toute la maſſe d'eau contenue dans notre grand vaſe, diviſée en pluſieurs colomnes, 1, 2, 3, 4, 5, dont chacune eſt compoſée d'un égal nombre de parties; ſi le fond du vaiſſeau qui ſert de baſe & d'appui à toutes ces colomnes, vient à s'ouvrir en *a*, la partie inférieure de la colomne 3 n'étant plus ſoutenue, doit tomber par l'ouverture, & après elle toutes les autres qui ſont poſées deſſus. Cette colomne entiére gliſſera donc de haut-en-bas, entre la ſeconde & la quatriéme, qui ſont ſoutenues aux points *b* & *c*, & dont toutes les parties mobiles, ſur leur propre centre, deviennent autant de petits rouleaux qui facilitent ſa deſcente. Si la ſeconde & la premiére colomne d'une part, la quatriéme & la cinquiéme de l'autre part, étoient compoſées de parties liées & cohérentes, elles ſubſiſteroient de toute leur longueur, & par la chûte de la troiſiéme, il ſe feroit un vuide entr'elles. Mais comme ces particules ſont extrêmement

petites, extrêmement mobiles les unes ſur les autres, dès que le haut de la troiſiéme colomne vient à deſcendre, & qu'elles ceſſent d'être ſoutenues en cet endroit, elles s'écroulent à proportion de l'écoulement; & de cette maniére la ſuperficie de la maſſe totale baiſſe toute enſemble, quoiqu'il n'y ait qu'une des colomnes qui fourniſſe à l'écoulement par ſa chûte.

Quand les parties ont une cohérence ſenſible, comme celles des liqueurs graſſes ou viſqueuſes, ou que la maſſe du fluide qui s'écoule, a beaucoup de largeur par rapport à ſa hauteur, on s'apperçoit aſſez bien du vuide que laiſſe au-deſſus d'elle la colomne qui s'écoule; la ſuperficie, au lieu d'être plane comme à l'ordinaire, eſt plus creuſe dans le milieu, parce que les parties voiſines n'arrivent point avec aſſez de vîteſſe, pour remplacer celles qu'une péſanteur directe fait deſcendre.

APPLICATIONS.

On voit par l'explication que nous venons de donner, combien la flui-

dité des corps apporte de changement aux effets de leur péſanteur. Si l'on tiroit avec un fil, ou qu'on pouſsât de bas-en-haut le bouchon *B*, * on n'auroit à ſoulever que le poids de la colomne dont il eſt la baſe, parce que cette portion d'eau étant indépendante du reſte, peut ſe mouvoir librement dans la maſſe. Mais ſi cette maſſe venoit à ſe convertir en glace; par la ſeule raiſon qu'elle ne ſeroit plus liquide, & que ſes parties ſeroient liées & cohérentes, la main qui ſoutiendroit la colomne qui répond au bouchon, dès l'inſtant de la congélation, auroit à porter tout ce qui eſt contenu dans le vaiſſeau.

* *Fig.* 2.

Le frimât, la neige, & toutes les congélations aqueuſes qui s'attachent aux arbres & aux plantes, les affaiſſent & les fatiguent bien davantage que l'eau qui les mouille, parce que les branches ont à porter non-ſeulement les parties humides qui les entourent, & qui ſont adhérentes à leur écorce, mais encore celles que la gelée attache à celles-ci, & que leur propre poids feroit tomber de côté, ſi elles étoient fluides.

Ceux qui ont eu occaſion de viſiter les cavernes & les grottes naturelles qui ſe rencontrent en différens pays, ont pû remarquer ſouvent certaines concrétions pierreuſes qui ſe forment goute à goute, & qui pendent aux voûtes, à peu près comme les glaçons qu'un faux dégel fait naître au bord des toits, & de tous les endroits où il s'eſt fait quelque fonte un peu lente de la neige ou de la glace. Ces ſortes de pierres que l'on nomme *ſtalactites*, ſont originairement liquides comme l'eau qui en charrie les parties ; la premiére goute qui demeure ſuſpendue à la voûte, n'a que l'adhérence qu'il lui faut, pour ſoutenir ſon propre poids, mais à meſure que ſon humidité s'évapore, elle devient ſolide & capable d'en porter d'autres à qui la même choſe arrive, de maniére qu'une maſſe aſſez conſidérable demeure ſuſpendue malgré ſon poids, par la ſeule raiſon qu'elle eſt ſolide, & qu'une partie tient à la voûte.

Cette opération de la Nature eſt imitée d'aſſez près par les ouvriers qui fabriquent la bougie & la chan-

delle ; les méches ſont enfilées paral-lélement ſur des baguettes, & on les plonge à pluſieurs repriſes dans des baquets qui contiennent le ſuif fondu, ou bien on fait couler par en-haut la cire toute chaude le long de la méche ; cette derniére pratique eſt ſur-tout en uſage pour les cierges, qui doivent être plus gros par en-bas; car on conçoit bien que la matiére en ſe refroidiſſant coule moins vîte vers la fin de ſa chûte, & l'on a grand ſoin auſſi de ne la point employer trop chaude, afin qu'il en reſte davantage à chaque immerſion, ou chaque fois qu'on la verſe.

Ne quittons point cet article ſans obſerver un fait qui trouve encore ſon explication dans notre ſeconde propoſition. Les liqueurs ne touchent pas à la maniére des ſolides ; leur choc, à quantités égales de matiére, ne ſe fait pas ſentir de même; en un mot, on craint la chûte d'un glaçon du poids d'une livre, & l'on n'appréhende point d'être bleſſé par une pareille quantité d'eau.

Indépendamment de ce que les liqueurs ſont diviſées en tombant par

des milieux réſiſtans, & que leur ſuperficie augmentée par cette diviſion, retarde aſſez conſidérablement la vîteſſe de leur chûte ; indépendamment, dis-je, de cette raiſon, les corps en cet état s'appliquent à une plus grande ſurface, & diviſent leur effort total en une infinité de petites impreſſions peu ſenſibles. Suppoſons, par exemple, qu'on préſente le plat de la main à la chûte d'une livre d'eau qui ait une figure ſphérique, on peut concevoir cette boule fluide comme un aſſemblage de petites colomnes, paralléles entr'elles & à la direction de leur chûte commune ; la plus longue de toutes, à cauſe de la ſphéricité de la maſſe, portera ſon effort ſeul au milieu de la main, & les autres, par la même raiſon, arriveront un peu plus tard & frapperont les parties voiſines, chacune en raiſon de ſa maſſe particuliére, ainſi tout le coup ſera partagé à toute la largeur de la main qui le reçoit. Mais ſi cette boule eſt de glace, ce ne ſera pas la même choſe, la main ne ſera frappée qu'en un très-petit eſpace, qui recevra l'effort non-ſeulement de

la colomne qui lui répond, mais encore de toutes les autres qui ſont unies à celle-ci, & qui exercent leur péſanteur en commun avec elle. Delà vient qu'un corps anguleux, ou pointu, fait plus de mal en tombant, qu'un autre qui ſeroit plat, parce que ſon effort eſt réuni ſur une plus petite place ; & par la raiſon du contraire, on riſque moins de ſe bleſſer quand on tient la main creuſe, pour recevoir une boule qui tombe, que lorſqu'on l'étend.

III. Proposition.

Les liqueurs exercent leur péſanteur en toutes ſortes de ſens.

C'eſt-à-dire, que non-ſeulement elles péſent de haut-en-bas, comme tous les autres corps, mais elles preſſent auſſi latéralement tous les obſtacles qui les retiennent ; & elles tendent à s'élever de bas-en-haut, lorſqu'elles communiquent avec des quantités plus hautes, & par-là plus péſantes qu'elles.

On conçoit aiſément comment les liquides péſent de haut en-bas, puiſqu'ils ſont compoſés de parties

qui participent à la gravité , qui eſt commune à tous les corps. Mais il n'eſt pas auſſi facile de comprendre leur preſſion latérale. Cependant ſi l'on fait attention que leurs molécules ſont dans le vaſe qui les contient, comme un amas de petits globules, on pourra bien imaginer qu'elles ne ſont pas toutes arrangées réguliérement les unes ſur les autres, comme dans la *Fig.* 3. mais que le plus ſouvent une colomne exerce ſa preſſion entre deux autres, & tend à les écarter, comme on le peut voir en la *Fig.* 4. où la preſſion perpendiculaire, qui ſe fait vis-à-vis du point *d*, eſt tranſportée par les colomnes latérales vers les côtés *e*, *f*, du vaſe. De la même maniére, quand la colomne *d f* agit contre les deux parties *g*, *h*, la premiére fait une réſiſtance ſuffiſante à cauſe des parois du vaſe qui l'appuyent : mais la partie *h* ſouffre un effort qui la ſouléve de bas en-haut, & qui aura ſon effet, à moins qu'une colomne égale à *i k*, ou quelque choſe d'équivalent, ne péſe deſſus pour la contenir.

Cette preſſion qui ſe communique

ainſi à la partie *h*, & qui tend à la ſoulever, a donné lieu à cette expreſſion, *les liqueurs péſent de bas-en-haut*; mais ce ſeroit en abuſer, & prendre de la péſanteur des liquides une idée très-fauſſe, ſi l'on prétendoit en effet qu'elles ont en elles-mêmes une tendance à s'élever; une colomne de liqueur eſt portée de bas-en-haut, par la preſſion d'une autre qui s'exerce de haut-en-bas avec avantage, comme une livre de plomb au bras d'une balance, juſqu'à ce que toutes deux ſoient également élevées au-deſſus de l'horizon. Venons maintenant à la preuve de notre propoſition.

III. EXPERIENCE.

PREPARATION.

Dans un grand vaſe plein d'eau colorée, *Fig.* 5. on plonge ſucceſſivement trois tubes de 6 à 7 lignes de diamétre, ouverts des deux bouts, mais dont on tient le haut bouché avec le pouce pendant le tems de l'immerſion.

EFFETS.

Quand chacun de ces tubes eſt plongé, & qu'on le débouche par le haut en ôtant le pouce, l'eau s'éléve dedans à la même hauteur où elle eſt dans le grand vaſe, quelque figure qu'ait le tube.

EXPLICATIONS.

Le tube que l'on plonge perpendiculairement dans le vaſe, contient une colomne d'air qui remplit ſa capacité, & qui ne peut en ſortir tant qu'on le tient bouché par en-haut; car ce fluide étant plus léger que l'eau, ne peut plus ſortir par en-bas, dès que le bout du tube eſt plongé. Mais ſi-tôt que le pouce eſt ôté de deſſus l'orifice ſupérieur, & que l'air ceſſant d'être appuyé en cette partie, ne fait plus un obſtacle invincible à l'eau, elle y eſt portée par le poids de celle qui reſte dans le grand vaſe, en la maniére qui ſuit.

Lorſque le tube *C* eſt plongé, l'eau par ſa péſanteur naturelle tombe de *D* en *E*, & coule d'*E* en *F*, parce qu'elle eſt composée de parties

mobiles & roulantes, & que cette partie du tube forme un plan incliné. L'effet en demeureroit là, s'il y avoit en *F* un obſtacle invincible, ou que ce qui eſt contenu dans la ſinuoſité *EF*, ne pût s'y mouvoir facilement. Mais c'eſt un fluide preſſé par la colomne *GD*, qui répond perpendiculairement à l'orifice du tube, & qui eſt continuée juſqu'en *E*, l'eau s'éléve donc dans la branche *CF*, non qu'elle ait une tendance réelle de bas-en-haut, mais parce qu'elle obéit au poids d'une colomne *GE*, qui péſe de haut-en-bas; & elle continue de s'élever juſqu'en *c*, c'eſt-à-dire, à telle hauteur où elle eſt en équilibre avec *GE* qui la pouſſe.

En quelque endroit du vaſe que l'on plonge le tube *H*, ſon orifice inférieur, de quelque côté qu'il ſe préſente, reçoit toujours un volume d'eau preſſé latéralement par la colomne perpendiculaire, à laquelle il répond, & qui porteroit ſon effort contre la paroi du vaſe, comme on le voit en *e* & en *f*, *Fig.* 4. ainſi l'eau étant pouſſée dans l'orifice *I*, avec une preſſion égale au poids de la co-

ſomne *IK*, elle s'éléve à la même hauteur dans le tuyau, & de la même maniére que dans le précédent.

Enfin ſi le tube n'eſt point recourbé, & qu'il ſe préſente comme *LM*, dans l'inſtant où il eſt débouché par le haut, l'eau qui ſe préſente à ſon orifice *M*, eſt dans le cas du globule *h*, *Fig.* 4. appuyée ſur la colomne perpendiculaire *M k*, par les colomnes latérales *l o*, *l o*, qui ont leur point d'appui contre les parois du vaſe, & preſſée par le poids des colomnes voiſines *n o*, *n o*; elle eſt donc obligée de s'échapper par le tube où elle trouve moins de réſiſtance, juſqu'à ce que ſon propre poids, augmentant avec ſa hauteur, ſoit enfin égal à celui qui la force.

IV. EXPERIENCE.

PREPARATION.

P Q, *Fig.* 2. ſont deux viroles de la même largeur que celle qui eſt en *B*, & propres à recevoir le même bouchon; mais quand il eſt placé à l'une des trois viroles, il faut que les deux autres ſoient fortement bouchées.

EFFETS.

A telle virole que ſoit placé le bouchon mobile, il céde toujours à l'effort de l'eau que l'on verſe dans le vaſe, quand elle parvient à une même hauteur.

EXPLICATIONS.

Cette expérience prouve la même choſe, & s'explique de même que la précédente ; l'effort que l'eau fait perpendiculairement, en péſant ſur le fond du vaſe, comme tout autre corps pourroit faire, ſe diſtribue contre les parois mêmes, & en toutes ſortes de ſens, à cauſe de la mobilité, de la figure & de la petiteſſe des parties ; mais comme cet effort vient de la péſanteur, & que la direction naturelle de cette puiſſance eſt perpendiculaire au fond du vaiſſeau, le bouchon ne céde que quand la liqueur a une certaine hauteur, & la même quantité d'eau ne ſuffiroit pas, ſi le vaſe, étant plus large, tenoit la ſuperficie du fluide moins élevée.

APPLICATIONS.

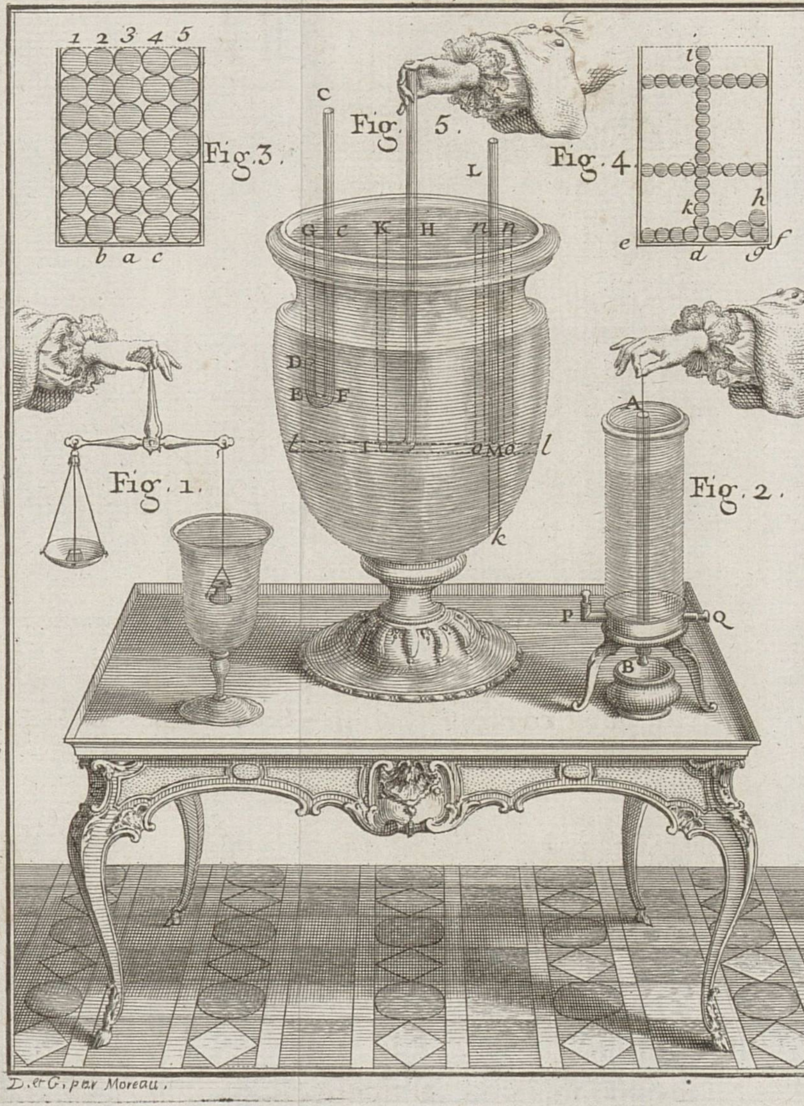
On rencontre à tout inſtant des preuves de la preſſion latérale des fluides ; un pot, une bouteille inclinée, un tonneau que l'on met en perce, ne ſe vuideroient jamais, ſi la liqueur qu'ils contiennent ne les preſſoit que de haut-en-bas, à la maniére des corps ſolides : un navire percé d'un coup de canon, fait eau par le côté, & riſque de ſe perdre, ſi l'on n'y met reméde, comme ſi le mal étoit au fond vers la quille ; & l'eau y entre avec d'autant plus de vîteſſe, que la mer a plus de hauteur au-deſſus du trou.

Quand on bâtit des digues, des réſervoirs, & autres ouvrages hydrauliques, on a grand ſoin de les proportionner aux efforts de l'eau. On a vû quelquefois des provinces ſubmergées, & quantité d'autres accidens funeſtes, parce qu'on n'avoit point oppoſé des réſiſtances ſuffiſantes à la preſſion latérale des eaux.

On doit porter ces ſortes de précautions juſques dans les travaux où les matiéres ſont tant ſoit peu flui-

des, ſoit par la petiteſſe de leurs parties, ſoit par leur peu de liaiſon; ſi, par exemple, on éléve une digue avec de la terre, ou avec du cailloutage, on la voit bien-tôt s'écrouler, ſi l'on ne donne à ſes côtés une pente ſuffiſante qu'on appelle *talus*; & les murs qui retiennent les terraſſes, ne réſiſtent à la pouſſée, que quand ils ont une ſolidité proportionnée à la hauteur & à la nature des terres.

Creuſer un puits, c'eſt former dans la terre un canal perpendiculaire à l'horizon. Ce canal eſt dans le cas du tuyau *LM*; s'il y a dans le voiſinage, des eaux dont la ſurface ſoit plus élevée que le fond du puits, elles doivent le remplir juſqu'à ce qu'il en contienne aſſez pour leur faire équilibre. Il arrive aſſez ſouvent que l'on creuſe fort profondément, avant que de trouver une terre de nature à laiſſer paſſer l'eau; c'eſt comme ſi l'on enfonçoit beaucoup le tube, ſans ôter le pouce qui le bouche par en-haut: ſi on le débouche alors, les colomnes latérales étant fort longues & fort péſantes, chaſſent l'eau dans le tube avec précipitation; de même il eſt



D. et G. par Moreau.

arrivé ſouvent que des ouvriers ont été ſurpris par l'abondance de l'eau au fond d'un puits neuf, parce que la nature du terrain leur avoit fait chercher trop avant un paſſage à la ſource, & qu'il s'étoit trouvé tout-à-coup trop libre.

De ce qu'une liqueur peut être élevée de bas-en-haut par le poids des colomnes voiſines, il ſuit qu'on peut indifféremment remplir un vaiſſeau par le fond, s'il eſt percé, en le plongeant perpendiculairement, ou bien par ſon embouchure en l'inclinant; & ce choix eſt d'un avantage conſidérable en pluſieurs occaſions, je n'en citerai qu'une.

Pour tirer l'eau des puits qui ſont fort profonds, on ſe ſert quelquefois de deux ſceaux attachés aux deux bouts d'une même corde, qui embraſſe un tambour qu'on fait tourner, de maniére que l'un deſcend pendant que l'autre monte; c'eſt, à mon avis, la meilleure machine connue qu'on puiſſe employer en pareil cas, c'eſt-à-dire, quand une grande profondeur rend l'application des pompes très-difficile; mais comme

ces ſceaux ſont ordinairement fort grands, & qu'on eſt ſouvent obligé de leur donner de la longueur aux dépens de la largeur, pour s'accommoder au diamétre du puits, on prend le parti de les emplir par le fond, & pour cet effet on y pratique une ou pluſieurs ſoupapes, qui laiſſent entrer l'eau, & qui ne lui permettent pas de retomber.

IV. PROPOSITION.

Toutes les parties d'une même liqueur ſont en équilibre entr'elles, ſoit dans un ſeul vaiſſeau, ſoit dans pluſieurs qui communiquent enſemble.

Pour ôter toute équivoque, j'entens ici par le mot de *parties*, des volumes égaux & en tout ſemblables; car comme les molécules changent ſelon le degré de liquidité, il pourroit ſe rencontrer des cas où la denſité ne ſeroit point uniforme dans toute la maſſe, & alors on devroit conſidérer la liqueur comme pluſieurs mêlées enſemble.

En ſuppoſant donc toutes les parties parfaitement ſemblables, comme on a tout lieu de croire qu'elles le ſont dans

la plûpart des liqueurs, je dis qu'il y a équilibre entre elles, ou qu'elles ſe meuvent juſqu'à ce qu'elles ſoient parvenues à cet état., parce qu'elles ont des forces égales ; car la force d'un corps qui tend à tomber, n'eſt autre choſe que cette tendance, & ſa quantité de matiére. Or la tendance à tomber, eſt égale dans tous les corps, comme nous l'avons prouvé dans la Leçon précédente ; & dans toutes les parties d'une liqueur homogéne, la maſſe eſt la même ſelon notre ſuppoſition ; ainſi les couches ſupérieures ne peuvent déplacer celles qui ſont au-deſſous, parce que celles-ci ont autant de force pour reſter où elles ſont, que celles-là peuvent en employer pour les déplacer.

Qui dit équilibre, dit repos ; cependant je ne prétens exclure ici d'autre mouvement que celui qui viendroit de la péſanteur plus grande d'une part que d'une autre. Pluſieurs Phyſiciens prétendent que les parties des liquides ſe meuvent continuellement ; s'ils entendent par ce mouvement celui que la chaleur entre-

tient dans tous les corps, il n'eſt guéres poſſible de le leur conteſter; & nous ferons voir ailleurs qu'il eſt très-compatible avec l'équilibre dont il s'agit maintenant : mais ſi l'on veut que ce ſoit une qualité affectée aux liqueurs en tant que telles, j'avoue que je ne connois aucun phénoméne qui m'oblige à recevoir cette ſuppoſition; & je penſe qu'on ne doit pas ſans de bonnes raiſons ſuppoſer un mouvement actuel, où peut ſuffire une mobilité de parties inconteſtable. Paſſons aux preuves de notre propoſition.

V. EXPERIENCE.

PREPARATION.

Dans un ſcyphon renverſé, tel qu'il eſt repréſenté par la *Fig. 6.* il faut verſer de l'eau colorée, du vin, ou du mercure, &c. & poſer le ſupport ſur un plan bien horizontal.

EFFETS.

La liqueur s'éléve également dans les deux branches en même tems.

EXPLICATION.

La partie inférieure du ſcyphon étant pleine, s'il s'éléve dans l'une des deux branches une colomne de liqueur comme *A B*, ſon poids s'exerce ſur la partie *B C* qui eſt mobile, la ſollicite à s'élever dans l'autre branche, & cet effort eſt vaincu par le poids d'une colomne ſemblable *CD*; ainſi puiſque *C D* & *A B* qui ſont de même longueur, ſe ſoutiennent mutuellement, on peut conclure que les parties ſemblables d'une même liqueur, ſont en équilibre.

VI. EXPERIENCE.

PREPARATION.

Le canal *E F*, *Fig.* 7. par le moyen d'un robinet qui eſt au milieu, ouvre une communication entre le grand vaiſſeau *G H*, & le tuyau montant *E I*. Ce tuyau eſt ajuſté en *E*, de façon qu'on peut l'ôter, & mettre en ſa place un autre tuyau *K* qui s'éléve obliquement, ou *L* qui a pluſieurs ſinuoſités, & l'on emplit le grand vaſe juſqu'en *G H*, avec une liqueur colorée.

EFFETS.

Dès qu'on a tourné le robinet pour ouvrir la communication entre le grand vaiſſeau *GH*, & le tuyau montant *E I*, la liqueur s'éléve juſqu'en *I*; & cet effet eſt toujours le même, ſoit que le tuyau ſoit droit & perpendiculaire, ſoit qu'il ſoit oblique ou tortu.

EXPLICATION.

Quand on compare des liqueurs par rapport à leur poids dans des vaiſſeaux qui communiquent, ce ne ſont point les quantités contenues de part & d'autre qu'il faut comparer, mais les colomnes qui ſe touchent par leurs baſes au trou de communication. Dans notre expérience, par exemple, c'eſt le trou de la clef du robinet qui meſure la baſe de ces colomnes; or comme ce trou eſt commun aux deux, quelque quantité de liqueurs qu'il y ait dans le grand vaſe, il n'y a jamais qu'un filet capable de paſſer par ce trou, qui y exerce ſa preſſion: le reſte eſt porté tant ſur le fond, que ſur les parois inclinées du vaſe;

vaſe; il n'eſt donc point étonnant qu'une petite colomne d'eau contre-balance cette preſſion dans le tuyau, & ne s'éléve pas plus haut que la ſurface *G H*. * *Fig. 7.

Si le tuyau montant eſt incliné en un ſens comme *K*, ou en pluſieurs comme *L*, il faudra une plus grande quantité de liqueur pour faire équilibre à la preſſion qui vient du grand vaſe, parce que tous les corps qui péſent par des plans inclinés, perdent une partie de leur poids, & que le filet de liqueur qui péſe en *E*, eſt capable d'en porter un ſemblable à la hauteur *E I*, quelque chemin qu'il tienne.

APPLICATIONS.

Quand l'eau d'une riviere, d'un étang, d'un lac, &c. pénétre par ſon propre poids dans la terre, ſi les canaux qu'elle y trouve, ou qu'elle ſe pratique avec le tems, prennent une forme ſemblable à la *Figure* 6. quelque diſtance qu'il y ait entre *A D*, quelque diſpoſition que prenne le terrain entre *B C*, l'eau remonte auſſi haut que le lieu d'où elle eſt deſcen-

due. On ne doit donc pas regarder comme un phénoméne inexplicable, une ſource qui fait naître ou qui entretient une piéce d'eau conſidérable ſur une montagne fort élevée ; c'eſt qu'elle vient de quelque endroit encore plus haut ; & quoiqu'on n'en connoiſſe point de tels à 40 ou 50 lieues de diſtance, ce n'eſt point une raiſon pour rejetter cette explication.

Si l'on a deſſein de conduire l'eau par ſa propre péſanteur, il ne faut pas, comme l'on voit, ſe flatter d'y réuſſir, ſi le lieu où elle eſt, ſe trouve plus bas que celui où l'on veut qu'elle vienne ; il ne ſuffiroit pas même que les deux lieux fuſſent de niveau, parce qu'il faut de la pente pour vaincre la réſiſtance des frottemens. C'eſt pourquoi dans tous les aquéducs, dans les tuyaux de conduite, dans les canaux où l'on veut qu'il y ait écoulement, on donne ordinairement $\frac{1}{2}$ ligne d'inclinaiſon par toiſe.

On ne doit pas non plus déſeſpérer de conduire l'eau où l'on veut, quoiqu'on ſoit obligé de la faire paſſer par des endroits beaucoup plus

bas que celui où l'on a deſſein qu'elle aille, pourvû que celui-ci ne ſoit pas auſſi élevé que la ſource d'où elle part. L'eau qui ſe diſtribue dans les jardins, dans les maiſons de Paris, & que l'on fait monter juſques dans les appartemens pour l'uſage des garderobes, vient par des tuyaux enterrés ſous le pavé des rues; mais cette eau qu'ils aménent, arrive de quelque édifice public, des réſervoirs du Pont Notre-Dame, de la Samaritaine, &c. qui ſont plus élevés que les lieux de ſa deſtination, ſoit par eux-mêmes, ſoit par la diſpoſition du terrain.

Tout le monde ſçait que la ſurface des liqueurs eſt un plan horizontal, quelque forme que puiſſe avoir le vaiſſeau qui les contient. C'eſt une ſuite néceſſaire de l'équilibre de leurs parties; car ſi les colonnes *G M*, *O P*, *H N*, * exercent l'une contre l'autre des preſſions égales, à la hauteur *M N*, où elles rencontrent les parois du vaiſſeau, étant d'une même matiere, il faut qu'elles ayent, à compter de là, des volumes égaux, & par conſéquent que leurs extrémités d'en-

* *Fig.* 7.

haut ſe trouvent dans la même ligne *GH*.

Mais ce plan que repréſente la ſuperficie des liqueurs, n'en eſt un que pour nos ſens. Car lorſque la ſurface des eaux a beaucoup d'étendue, par le même principe il eſt prouvé qu'elle eſt convexe, & l'expérience eſt parfaitement d'accord avec la théorie.

Il n'y a perſonne qui ait été dans un port, ou qui ait voyagé ſur mer, qui n'ait dû remarquer qu'on apperçoit les mâts d'un vaiſſeau qui aborde, avant qu'on puiſſe voir le corps du bâtiment; comme auſſi en approchant d'une ville on découvre les clochers & les toits avant que d'appercevoir le rez-de-chauſſée des maiſons. C'eſt que nous ne pouvons voir qu'en ligne droite, & que la convexité de la mer interrompt le rayon viſuel qui vient du corps du vaiſſeau à l'œil du ſpectateur, à une diſtance où le rayon qui vient du mât eſt libre, comme on le peut voir par la *Figure* 8.

Et en effet, ſi les colonnes d'eau qui compoſent la mer, en vertu de leur péſanteur égale, doivent avoir

leurs extrémités ſupérieures *a*, *b*, *c*, également diſtantes du centre de la terre *d*, qui eſt le centre commun de tous les corps graves, elles ne peuvent pas ſe ranger dans un plan repréſenté par la ligne *e f*, il faut néceſſairement qu'elles compoſent une ſurface convexe, qui ait ſon centre en *d*, *Fig.* 9.

Enfin il ſuit encore de cet équilibre des parties d'une même liqueur, que de pluſieurs réſervoirs qui communiquent, il n'en faut voir qu'un pour juger à quelle hauteur eſt la liqueur dans les autres. Car quand on me cacheroit une des deux branches du ſcyphon de la *Figure* 6. ou le grand vaiſſeau de la *Figure* 7. en conſéquence du principe établi, la liqueur élevée en *A* ou en *I*, m'apprendroit infailliblement qu'elle eſt à une ſemblable hauteur de l'autre part. Je ſçaurai donc combien il reſte de vin dans un tonneau, ſi je puis ſeulement joindre au robinet un tuyau montant comme *E I*.* * *Fig.* 7.

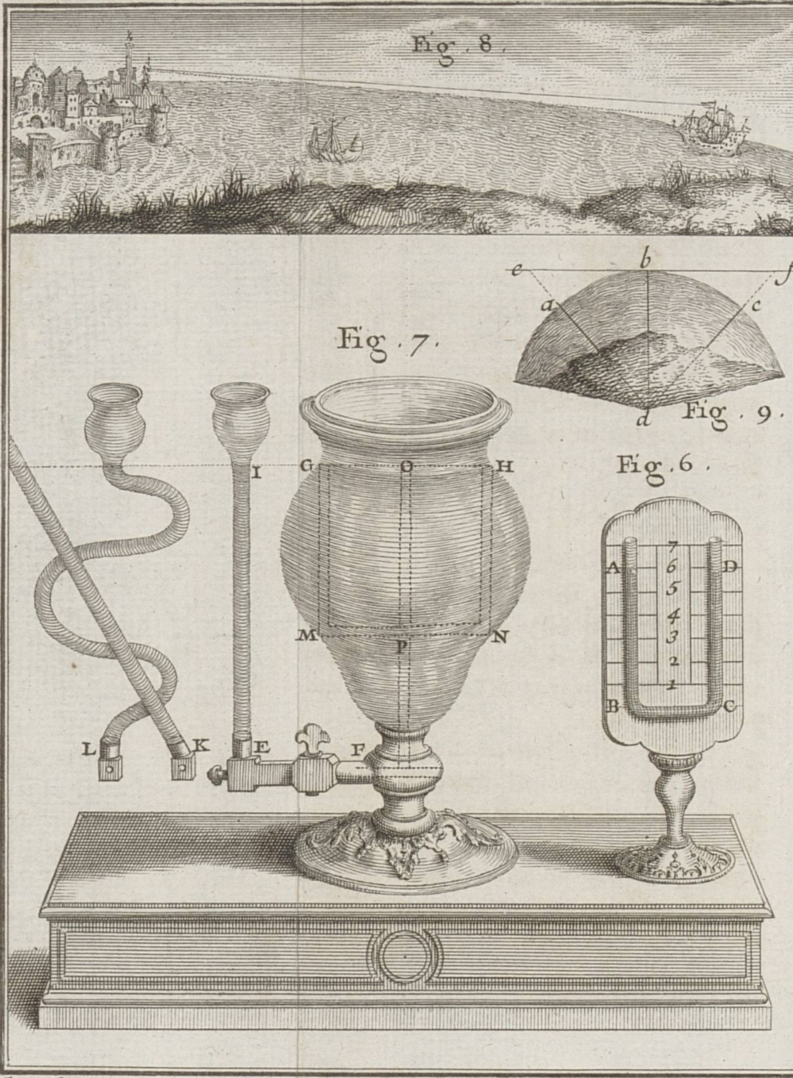
Non-ſeulement on peut connoître de cette maniere à quelle hauteur eſt une liqueur dans des vaiſſeaux opa-

ques ou inacceſſibles, mais on peut auſſi s'en ſervir pour les emplir. Car ſi l'on verſe de la liqueur dans le tuyau *I*, elle ne pourra s'y ſoutenir que par le contrepoids d'une colomne ſemblable dans le grand vaſe *G H*. Mais cette colomne ne peut s'y élever, & ſe ſoutenir toute ſeule; à meſure qu'elle commencera, elle s'écroulera par ſon propre poids & par la fluidité de ſes parties, & elle ne parviendra à la hauteur *O*, qu'autant que le vaſe s'emplira pour la ſoutenir latéralement.

V. Proposition.

Les liqueurs exercent leur preſſion tant perpendiculaire que latérale, non en raiſon de leur quantité, mais en raiſon de leur hauteur au-deſſus du plan horizontal, & de la largeur de la baſe qui s'oppoſe à leur chûte.

C'eſt-à-dire, que ſi l'on conſerve la hauteur & le fond du vaiſſeau toujours les mêmes, on pourra changer indifféremment ſa forme & ſa capacité ; de ſorte qu'une certaine quantité d'eau, par exemple, pourra faire un effort 200 ou 300 fois plus ou



D. et G. par Moreau.

moins grand, ſelon la maniere dont elle ſera employée : propoſition paradoxe, mais très-certaine, & d'autant plus importante, qu'elle influe ſur preſque toutes les machines hydrauliques.

VII. EXPERIENCE.

PREPARATION.

Sur les deux petits côtés de la cuvette *AB*, *Fig.* 10. s'élévent deux montans *AC*, *BD*, creuſés par dedans en couliſſes, pour recevoir les deux pieds de la piece *EF*, qui, par ce moyen, hauſſe & baiſſe, & ſe fixe où l'on veut avec les deux vis *C*, *D*. En *E* & en *F*, ſont deux petits piliers ouverts par le haut en fourchettes, pour recevoir deux leviers *GH*, terminés de part & d'autre par deux portions de poulies, dont les gorges ont pour centre celui du mouvement dans la fourchette.

Au fond de la cuvette eſt attaché un trépied de fer, qui porte un cylindre creux de métal *IK*, dans lequel gliſſe un piſton qui a peu de frottemens. Ces deux pieces enſem-

ble ſont repréſentées par la *Figure* 11.

Le cylindre reçoit à vis pluſieurs vaiſſeaux de verre, repréſentés par les *Figures* 10. 12. & 13. garnis par le bas, d'une virole de cuivre, & par le haut, d'une large cuvette. La hauteur de tous ces vaiſſeaux eſt égale, mais leurs figures & capacités ſont, comme l'on voit, fort différentes.

Quand un de ces vaiſſeaux eſt adapté au cylindre, comme on le peut voir par la *Figure* 10. deux poids *L*, *M* qui tirent ſur les leviers, tendent à élever perpendiculairement le piſton, par le moyen d'une verge de métal *N*, & d'un double cordon attaché en *G* & en *H*, & qui traverſe une mortaiſe pratiquée à la piece *E F*.

La *Figure* 14. repréſente une eſpéce de lanterne cubique de métal, garnie de glaces, à laquelle s'ajuſte le cylindre de la *Figure* 11. & quelqu'un des vaiſſeaux de verre dont nous avons parlé; au fond de la lanterne eſt fixée une poulie *O*, qui renvoye un bout de chaine du piſton à la tige *N*, de ſorte que cette piece étant placée ſur le trépied dans

la

la cuvette, le jeu des leviers fait mouvoir le piſton dans une direction horizontale.

La cuvette *AB* eſt doublée de plomb; les pieces qui ſont en fer, ſont vernies; celles qui ſe joignent à vis, ont des anneaux de cuirs gras interpoſés; le piſton eſt le plus libre qu'il eſt poſſible; & les poids *L* & *M*, ſont deux petits ſceaux ou deux baſſins de balances, que l'on peut charger plus ou moins; & l'on a pratiqué en *K* une eſpéce de robinet pour l'écoulement de l'eau.

Effets.

Si l'on remplit d'eau le vaiſſeau cylindrique, quand il eſt monté à la machine, comme on le voit par la *Figure* 10. & que les poids *L*, *M*, ſoient tels, qu'ils enlévent à peine le piſton; le même effet ſubſiſte, quoiqu'on ſubſtitue à ce vaiſſeau ceux des *Figures* 12. & 13. dont les capacités ſont très-différentes.

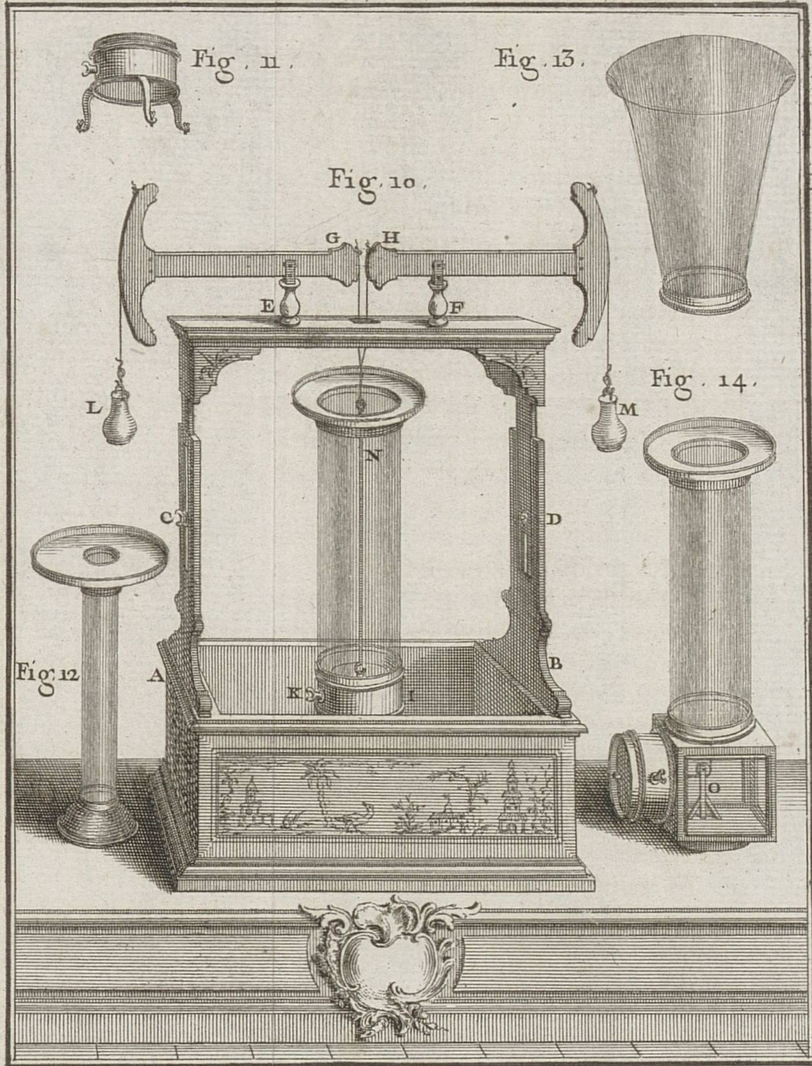
Les mêmes poids ſont encore néceſſaires & ſuffiſans, ſi l'on place ſur le trépied les pieces qui ſont repréſentées par la *Figure* 14. & que l'on

mette de l'eau à la même hauteur que dans les expériences précédentes, à compter du deſſous de la petite poulie de renvoi *O*.

Explication.

Pour mouvoir le piſton de bas en-haut, il y a deux ſortes de réſiſtances à vaincre; ſçavoir, celle de ſon frottement dans le cylindre, & celle du poids de l'eau. La premiere ne doit point varier quand on fait les expériences de ſuite, puiſque c'eſt le même piſton & le même cylindre. Si l'on n'eſt point obligé d'augmenter, & qu'on ne puiſſe pas non plus diminuer les poids, lorſqu'on employe le plus grand ou le plus petit des trois vaiſſeaux, pourvû que l'eau ſoit toujours à même hauteur; c'eſt donc que les liquides, comme nous l'avons énoncé dans notre propoſition, ne péſent pas ſur le fond de leur vaſe en raiſon de la quantité, mais ſelon la largeur de ce fond, & leur hauteur perpendiculaire.

Et puiſqu'il faut pour tirer le piſton horizontalement, autant de force que pour ſoulever la même quan-



Deſſiné & Gravé par Moreau.

tité d'eau dans une direction verticale, c'eſt une preuve que la preſſion latérale des liqueurs équivaut à celle qui ſe fait perpendiculairement à même hauteur.

Ces faits, tout ſurprenans qu'ils paroiſſent, ſont inconteſtablement prouvés par les expériences que nous venons de rapporter; mais ils ne ſont point expliqués. S'il eſt utile de les ſçavoir, il n'eſt pas moins curieux d'en connoître la cauſe, & c'eſt pour tâcher de la dévoiler, que nous allons examiner comment la choſe ſe paſſe dans chacun des vaiſſeaux; commençons par le plus ſimple.

La maſſe cylindrique d'eau qui eſt dans le vaiſſeau *IKN*, peut être conſidérée de deux manieres, ou comme un faiſſeau de petites colomnes contenues ſous une enveloppe commune, ou comme des tranches orbiculaires poſées en pile les unes ſur les autres; voyez la *Fig.* 15. de quelque façon qu'on la conſidére, il eſt évident que la baſe *a b* eſt chargée de la ſomme totale, ou des colomnes ou des tranches, & que ſi l'on connoît ſeulement le poids d'u-

ne d'entre elles, on ſçaura le poids de toute la maſſe, parce que la largeur de la baſe donne le nombre des colomnes, ou bien la hauteur de l'eau au-deſſus de la baſe, détermine celui des tranches. D'où il ſuit que dans un vaiſſeau cylindrique poſé perpendiculairement à l'horizon, les liqueurs, eû égard à la baſe, ne péſent pas autrement que les ſolides.

Dans le vaſe repréſenté par la *Fig.* 13. dont la coupe, ſelon l'axe, ſe voit en la *Fig.* 16. il eſt encore facile de voir que la baſe *c d* ne porte que les colomnes qui repoſent perpendiculairement deſſus, les autres étant ſoutenues par les parois, comme par des plans inclinés. Si *c d* eſt égal à *a b* de la *Fig.* 15. il eſt donc viſible que ces deux baſes ſont également chargées. La fluidité fait ici quelque choſe; car c'eſt parce que la partie *c e f d* peut ſe mouvoir, & exercer ſa péſanteur indépendamment du reſte de la maſſe, qu'elle charge la baſe de ſon poids. Si cette maſſe totale étoit compoſée de tranches orbiculaires, mais ſolides, comme *g h*, *i k*, &c. il eſt aiſé de voir qu'elle ſeroit

toute ſoutenue ſur les côtés du vaſe, & que le fond *c d* ne porteroit que la derniere tranche infiniment mince.

Enfin, comment ſe fait-il que la baſe du vaſe repréſenté par la *Fig.* 12. ſoit auſſi chargée que celle des deux autres? Puiſqu'il n'y a que la petite colomne *n n*, * qui ait toute ſa hauteur, les parties voiſines *o o*, doivent-elles être également comprimées? * *Fig.* 17.

Que ces parties du vaſe ſoient preſſées, cela s'entend facilement, puiſqu'elles portent une partie du fluide qui eſt péſant, & nous avons expliqué par la *Fig.* 4. comment non-ſeulement celles-ci, mais encore toutes les autres *p p*, *q q*, * participent à cette preſſion; mais qu'elles ſoient autant preſſées que la partie *n*, c'eſt ce qu'on a peine à concevoir. On voit bien en effet que la colomne *n n* doit communiquer ſa preſſion en *o* & en *q*, par les globules qu'elle tend à écarter; mais comme la force avec laquelle elle agit ſur ces deux parties, a une direction oblique ſur l'une & ſur l'autre, & qu'une force qui s'exerce obliquement, n'eſt point égale à celle qui eſt directe, il ſemble que * *Fig.* 17.

la preſſion en *p* & en *q* ne peut jamais égaler celle qui ſe fait en *n*.

Il faut convenir auſſi que cette égalité n'eſt pas démontrée à la rigueur ; mais l'expérience n'y laiſſe appercevoir aucune différence, & l'on concevra que celle qui peut y être, eſt infiniment petite, ſi l'on fait attention à ces deux choſes : 1°. Que les molécules des corps liquides ſont très-petites. 2°. Qu'elles ne ſe touchent point d'auſſi près, que quand les cauſes de la liquidité viennent à ceſſer : avec ces deux principes, je crois qu'on peut rendre raiſon du fait en queſtion. Car ces parties des liquides étant infiniment petites, quand bien même elles ne ſeroient qu'infiniment peu écartées les unes des autres, l'action d'une de ces particules pouſſée entre deux autres, devient infiniment peu oblique, c'eſt-à-dire, preſque directe ; voyez la *Fig.* 18. Ce qui rend cette idée fort probable, c'eſt que la preſſion latérale, qui ne différe pas ſenſiblement de la preſſion perpendiculaire dans les liqueurs, eſt notablement moins grande dans les flui-

des groſſiers, comme le ſable, les menus grains, le plomb à giboyer, &c. & qu'elle diminue & ceſſe entiérement dans les matieres qui paſſent de l'état de liqueur, à celui de corps ſolides. Ce qui n'arrive, ſans doute, que parce que les parties ſe rapprochent, ſe pelotonnent en molécules plus groſſieres, & qu'au lieu de continuer d'agir les unes ſur les autres, comme le globule 1 ſur les deux qu'il touche, elles exercent une action plus oblique, comme le globule 2.

APPLICATIONS.

Les expériences que nous venons d'expliquer, nous conduiſent naturellement à dire quelque choſe des pompes; ce ſont de toutes les machines hydrauliques, celles dont l'uſage eſt le plus fréquent & le plus généralement utile: il eſt à propos d'en connoître au moins les principales parties, les principes ſur leſquels on doit régler leurs dimenſions, & comment la force qu'on employe, s'applique par leur moyen à vaincre la réſiſtance du fluide qu'on éleve,

afin de n'être point la dupe de ſon imagination, ou des fauſſes promeſſes de certaines gens, dont le génie naturel n'eſt point aſſez éclairé par les lumieres de la théorie.

Les principales parties des pompes, ſont pour l'ordinaire des cylindres creux *AB*, ou *CD*, *Fig.* 19. faits le plus ſouvent de métal; des piſtons *EF* qui rempliſſent une portion du cylindre, & que l'on y fait mouvoir alternativement d'un bout à l'autre par le moyen d'une tige *G* ou *H*, au bout de laquelle on applique le moteur immédiatement, ou bien à l'aide d'un levier *I*, ou de quelque autre machine; des tuyaux montans comme *K*, *L*, pour conduire l'eau à la hauteur qu'on déſire; & enfin des *valvules*, *ſoupapes*, ou *clapets*, qui laiſſent paſſer l'eau dans un ſens & qui l'empêchent de revenir en ſens contraire, comme on le peut voir à chaque fond des deux cylindres *B* ou *D*.

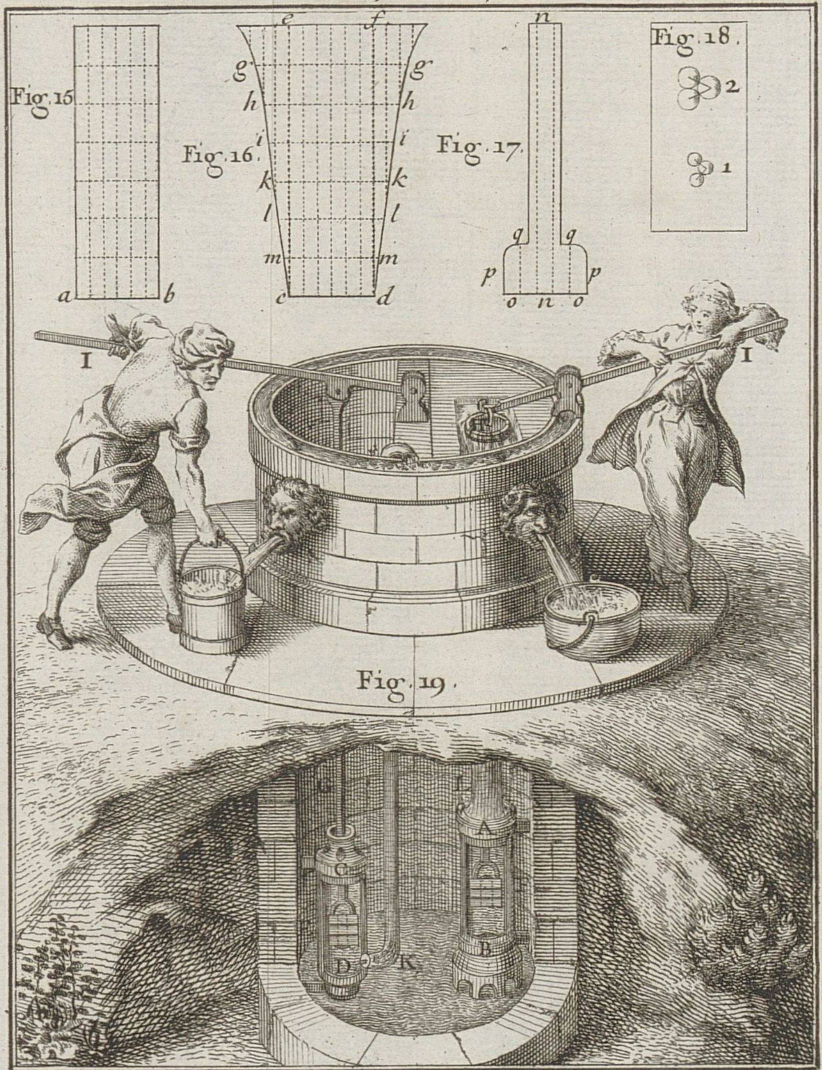
On peut diſtinguer en général deux ſortes de pompes, compoſées des parties que nous venons de nommer; ſçavoir celles qu'on appelle *aſ-*

pirantes, & celles qui ſe nomment *foulantes* ; nous ne dirons rien ici des premiéres, parce que pour les entendre il faut connoître quelques propriétés de l'air, dont nous n'avons point encore parlé ; il ne s'agit donc maintenant que des derniéres, de celles où le piſton pouſſe immédiatement l'eau de haut-en-bas, ou de bas-en-haut.

Dans le cylindre *AB*, par exemple, lorſqu'on éléve le piſton de *B* vers *A*, il laiſſe un vuide entre lui & le fond de la pompe, & l'eau du baſſin dans lequel elle eſt plongée, s'y éléve par la preſſion des colonnes voiſines, comme dans les tuyaux de la *Fig.* 5. & par une autre cauſe, que nous ferons bien-tôt connoître ; lorſqu'enſuite on vient à baiſſer le piſton, l'eau retenue par un clapet qui eſt au fond du cylindre, paſſe à travers le corps même du piſton où l'on a pratiqué un canal, & un autre clapet en-deſſus, pour l'empêcher de retomber ; ainſi quand on éléve le piſton pour la ſeconde fois, le deſſous s'emplit de nouveau, & l'eau qui étoit paſſée au-deſſus, eſt portée plus

haut ; en continuant ainſi, l'on parvient à remplir le tuyau montant, & ce qu'on fait après, eſt autant d'eau dont on peut diſpoſer. Dans l'autre pompe *CD*, dont le corps eſt entiérement plongé, l'eau tombe d'elle-même, & paſſe à travers du piſton, pour remplir l'eſpace qu'il laiſſe vuide quand on l'éléve ; & lorſqu'on vient à le preſſer en en-bas, le trou ſe bouche par un clapet qui eſt à ſa baſe, & l'eau eſt obligée de paſſer dans le tuyau *K*, d'où elle ne peut retomber, parce qu'il y a en bas une autre ſoupape qui la retient. En réitérant donc les coups de piſton, ce tuyau montant ſe remplit, & fournit enſuite de l'eau à la hauteur où il finit.

Dans l'une & dans l'autre de ces deux machines, il eſt facile d'évaluer la réſiſtance qui vient du poids de l'eau qu'on éléve ; car ſelon les principes établis ci-deſſus, & les expériences que nous avons employées pour les prouver, quelque forme que prenne la colomne du fluide, on aura ſa juſte valeur, en multipliant la largeur de ſa baſe ; qui eſt celle du piſton même, par la hauteur perpen-



Deſſiné & Gravé par Moreau.

diculaire du tuyau montant. Dans l'une de nos deux pompes la colomne d'eau repoſe ſur le piſton que l'on tire, dans l'autre elle réſiſte au piſton que l'on pouſſe, & c'eſt préciſément la même choſe, quant à la force qu'il faut employer. En ſuppoſant donc un piſton de telle largeur, que la colomne d'eau, dont il eſt la baſe, péſe 20 livres par pied, le tuyau montant, ne fût-il que d'un pouce de diamétre, s'il a 20 pieds de haut, la ſomme de la charge contre le piſton ſera 400, produit de 20 multiplié par 20, comme ſi la colomne d'eau étoit dans toute ſa longueur d'un diamétre égal à celui de ſa baſe.

On ne gagne donc rien, comme l'on voit, à faire des tuyaux menus pour conduire l'eau d'une pompe; on y perd au contraire par l'augmentation des frottemens; car nous avons fait voir dans la troiſiéme leçon*, que cette eſpéce de réſiſtance, toutes choſes égales d'ailleurs, croît comme les ſurfaces, & que la ſuperficie intérieure d'un petit tuyau, par rapport à la ſolidité du contenu, excéde celle d'un plus gros.

* Pag. 250.

Puiſqu'une colomne de liqueur fort menue peut exercer une grande preſſion, lorſqu'elle aboutit à une large baſe, on ne doit pas s'étonner que quelques pintes d'eau faſſent crever un tonneau plein, quand on les éléve perpendiculairement ſur le trou de la bonde dans un tuyau fort long: car alors cette colomne ayant la largeur du tonneau pour baſe, elle a la même force, que ſi dans toute ſa longueur elle avoit cette même largeur. Mais ceux qui ſeroient curieux de répéter cette expérience, doivent être avertis que les tonneaux ordinaires, dans leſquels on met le vin à Paris & aux environs, ſont capables d'une réſiſtance beaucoup plus grande qu'on ne le pourroit croire; 20 pieds de tuyaux ne m'ont quelquefois point réuſſi pour faire crever un demi-muid; le muid créve plutôt, parce qu'il fournit une plus large baſe.

Les écoulemens qui ſe font de vaiſſeaux percés au-deſſous de la ſuperficie de la liqueur, à ouvertures égales, ont d'autant plus de vîteſſe, que la liqueur eſt plus haute au-deſſus du trou, parce que la partie du fluide

qui s'écoule actuellement, eſt preſſée par le poids d'une colomne plus longue ; c'eſt pourquoi les jets d'eau s'élévent & dépenſent d'autant plus, que leurs réſervoirs ſont plus hauts ; & la hauteur du jet diminue auſſi à meſure que ces réſervoirs ſe vuident. De-là vient encore qu'un vaiſſeau dont la capacité eſt uniforme, comme un cylindre, un priſme, &c. poſé ſur ſa baſe, ne ſe vuide point également en tems égaux, ſi l'écoulement ſe fait par en-bas. Les quantités pour chaque tems vont en diminuant, comme la hauteur de la ſuperficie du liquide qui s'écoule ; c'eſt par cette raiſon que dans les réſervoirs publics, où l'eau ſe diſtribue ſelon les conceſſions faites aux particuliers, on doit avoir ſoin que le baſſin d'où elle part, ſoit toujours également plein.

Avant que l'horlogerie fût auſſi parfaite, & d'un uſage auſſi commun qu'elle l'eſt préſentement, on étoit fort dans l'uſage de meſurer le tems, par l'écoulement de quelque liqueur, ou de quelque fluide ; la *clepſydre* & le *ſable* ne ſont autre choſe que des vaiſſeaux dont une partie ſe vuide d'eau,

ou de quelque poudre fine, pendant un certain tems ; mais ces ſortes d'inſtrumens ne peuvent jamais être bien parfaits, parce qu'en général la vîteſſe des écoulemens dépend non-ſeulement de la hauteur perpendiculaire du fluide, qui eſt ce que nous avons principalement en vûe ici, & qu'on peut aiſément meſurer, mais encore de la quantité des frottemens, du degré de fluidité & de denſité, qui ſont variables, & qu'il eſt difficile d'évaluer.

II. SECTION.

De la péſanteur & de l'équilibre de pluſieurs Liqueurs, dont les denſités ſont différentes.

NOUS avons donné au commencement de la premiére ſection une idée des liqueurs en général, en les repréſentant comme un amas de petits corps ſolides, très-durs, indépendans les uns des autres, péſans ſéparément & à proportion de leurs petites maſſes ; tout ce que nous

avons à ajouter à cette deſcription, pour faire entendre comment ſe comportent dans le même vaiſſeau deux liqueurs de denſités différentes, c'eſt que ces petits corps qui les compoſent, ſont eux-mêmes des aſſemblages de parties plus ſubtiles, fortement liées & adhérentes entr'elles; la denſité de ces petites maſſes étant plus ou moins grande, leurs figures & leurs grandeurs occaſionnant plus ou moins de vuide dans leur aſſemblage, on conçoit bien qu'il en doit réſulter des fluides ou des liqueurs plus ou moins denſes.

Quand on compare pluſieurs liqueurs par rapport à leur poids, ou la comparaiſon ſe fait entre des volumes d'une grandeur ſenſible, comme lorſqu'on péſe de l'eau contre de l'huile, ou contre du mercure, dans des vaiſſeaux ſéparés; ou bien ce ſont les parties mêmes que l'on compare enſemble, comme lorſqu'on mêle de l'eau avec du vin, ou avec de l'air; de quelque façon que cela ſe faſſe, la péſanteur exerce ſes droits comme ailleurs; mais la fluidité donne lieu à des effets particuliers que nous allons examiner.

PREMIERE PROPOSITION.

La différence du poids, ou de la denſité, ſuffit pour ſéparer les parties de deux liqueurs qu'on a mêlées enſemble, ſi d'autres cauſes plus fortes n'empêchent cet effet.

PREMIERE EXPERIENCE.

PREPARATION.

Dans un vaſe de verre diviſé en deux parties, qui communiquent par un petit canal d'une ligne & demie de diamétre, *Fig.* 20. il faut mettre d'abord du vin rouge juſqu'en *A*, & achever de l'emplir avec de l'eau, & l'expoſer en quelque endroit où il ne ſoit point agité.

EFFETS.

De l'extrémité du canal *A* on voit auſſi-tôt s'élever une petite colomne de vin, qui ſe répand enſuite ſur la ſuperficie de l'eau; & peu-à-peu tout le vin paſſe ainſi à la place de l'eau, & celle-ci à la place du vin.

EXPLICATIONS.

Les particules qui compoſent la maſſe d'eau, étant plus péſantes que celles du vin, font plus d'effort pour occuper le fond du vaſe, que celles-ci n'ont de force pour leur réſiſter; de-là il arrive qu'une colomne d'eau, capable d'occuper à-peu-près la moitié du canal *A*, prend ſon cours de haut-en-bas, & qu'une pareille quantité de vin s'éléve en même tems de bas-en-haut: & comme ces colomnes d'eau & de vin, à meſure qu'elles paſſent, ſe réparent continuellement aux dépens de la maſſe dont elles font partie, à cauſe de ſa fluidité; il arrive enfin que toute l'eau ſe trouve où étoit le vin avant l'expérience, & que le vin eſt obligé d'occuper la partie du vaſe la plus élevée: parce que deux corps ne peuvent pas être en même tems dans le même lieu, comme nous l'avons fait voir dans la troiſiéme Leçon *, en parlant de l'impénétrabilité de la matiére.

* 3. *ſect.* p. 71. *& ſ.*

II. EXPERIENCE.

Preparation.

La phiole cylindrique qui eſt repréſentée par la *Fig.* 21. contient 5 fluides différens ; ſçavoir, 1. du mercure, 2. de l'huile de tartre, 3. de l'eſprit de vin, 4. de l'eſprit de térébenthine, 5. & de l'air.

Effets.

Quand le vaſe eſt en repos, toutes ces matiéres occupent les places qui conviennent à leur péſanteur ſpécifique, c'eſt-à-dire, que le mercure ſe tient au fond, l'huile de tartre immédiatement au-deſſus, après celle-ci l'eſprit de vin, l'eſprit de térébenthine enſuite, & l'air au-deſſus de tout; & ſi l'on renverſe pluſieurs fois la phiole en l'agitant, dès qu'on la repoſe, chacune de ces liqueurs reprend ſa place, mais le mercure & l'huile de tartre plus promptement que les autres.

Explications.

Ces cinq fluides différent plus entr'eux, que le vin & l'eau de l'expé-

rience précédente , non-ſeulement par leurs péſanteurs ſpécifiques, mais encore par leur nature ; ce qui fait, ſans doute, qu'en les agitant enſemble, ils ne ſe diviſent point, & ne ſe mêlent point autant que d'autres liqueurs qui ſeroient plus analogues ; c'eſt par la même raiſon, que le mercure & l'huile de tartre ſe démêlent plus vîte que les autres.

APPLICATIONS.

Les vaiſſeaux propres à exécuter ces ſortes d'expériences, peuvent recevoir différentes formes, & ſe diſpoſer de diverſes maniéres. On peut, par exemple, cacher la capacité inférieure qui contient le vin de la premiére expérience, dans un petit pied-d'eſtal, ou autrement, *B*, *Fig.* 20. en ne laiſſant ainſi appercevoir que la partie du vaſe où l'on met l'eau, il ſemble à ceux qui ne connoiſſent point ces effets, que l'eau ſe change en vin ; c'eſt ainſi que l'on trompe quelquefois les yeux par de petits artifices, qui perdent tout leur merveilleux quand on en connoît les cauſes. Nous n'en parlons que pour ap-

prendre à ſuſpendre ſon jugement dans les choſes que l'on ne conçoit pas d'abord, & à ne pas regarder comme ſurnaturels des effets qui ſurprennent, & dont la cauſe phyſique ne s'apperçoit pas.

Les matiéres graſſes, animales, végétales ou minérales, étant pour l'ordinaire compoſées de molécules moins denſes que celles de l'eau, s'en dégagent lorſqu'elles y ſont mêlées, & le plus ſouvent l'on n'employe pas d'autre moyen pour les en ſéparer, que de leur donner le tems de ſurnager; c'eſt ainſi qu'on ſépare la crême du lait.

On voit ſouvent des eaux croupies, à la ſuperficie deſquelles on remarque des taches luiſantes, qui font paroître des couleurs d'iris quand on les regarde dans certains ſens; ce ſont des parties graſſes, ou ſulfureuſes, qui ſe ſont élevées du fond, comme il arrive dans les terrains bitumineux; ou qui ſe ſont démêlées de l'intérieur de l'eau, ce qui ne manque guéres d'arriver dans les baſſins où l'on va laver le linge. Mais ſi une goute d'huile, une parcelle de graiſſe, s'é-

ſéve au-deſſus de l'eau, la même choſe doit arriver, & arrive en effet, quand il y en a une plus grande quantité; ainſi plus un animal eſt gras, toutes choſes égales d'ailleurs, plus il a d'avantage pour nager. Un bœuf, ou un cochon, à cet égard, court donc moins de riſque de ſe noyer, qu'un lévrier, ou tout autre animal maigre.

Nous pourrions encore citer ici pour exemple, l'aſcenſion des vapeurs & des exhalaiſons; mais nous avons prévenu cette application, en faiſant connoître dans la leçon précédente, que la fumée & la flamme ne s'élévent dans l'air que par une légéreté reſpective, qui n'eſt, à proprement parler, qu'une moindre péſanteur, comme l'air s'éléve dans l'huile, l'huile dans l'eau, l'eau dans le mercure.

Quoiqu'une liqueur plus légére ſoit capable de s'élever au-travers d'une liqueur plus péſante, il y a pourtant telle circonſtance où cet effet n'a point lieu. L'eau & le vin, par exemple, que nous avons employés dans notre premiére expérience, ne ſe ſéparent point, quand on les a verſés bruſquement l'un ſur l'autre. L'hui-

le & l'eau battues enſemble avec l'air qui s'y mêle, perdent leur fluidité, le blanc d'œuf & la crême fouettée font la même choſe, & ces ſortes de mélanges ſubſiſtent aſſez long-tems.

Tous ces exemples prouvent ſeulement, qu'il y a des cauſes qui s'oppoſent aux effets de la péſanteur dans la ſéparation des fluides mêlés, & que ces cauſes peuvent devenir prédominantes; mais elles ne détruiſent point notre propoſition. Il faut ſe ſouvenir ici de ce que nous avons dit des frottemens dans la troiſiéme leçon. Cette ſorte de réſiſtance s'augmentant comme les ſurfaces, les liqueurs mêlées peuvent être diviſées en ſi petits volumes, que l'une touche l'autre par trop d'endroits, & que la différence de leurs péſanteurs, qui feroit la cauſe de leur déſunion, n'égale pas le frottement, ou (ce qui eſt la même choſe) la difficulté qu'elles ont à ſe ſéparer. C'eſt par cette raiſon que le vin, preſque auſſi péſant que l'eau par lui-même, quand il eſt fort diviſé par une chûte trop bruſque, demeure dans l'eau comme il s'y trouve; au lieu que ſi par la forme

du vaſe, ou par la façon de le verſer, on met en oppoſition des volumes plus conſidérables, & qui ayent moins de ſurface par rapport à leur ſolidité, il arrive le plus ſouvent que le frottement céde à la péſanteur de l'eau. C'eſt encore par la raiſon des frottemens augmentés par la diviſion des parties, que l'huile & le vin deviennent *onguent*, que le blanc d'œuf, la crême, &c. demeurent en mouſſe; car l'air y eſt ſi diviſé, & ſon mélange avec ces liquides eſt ſi intime, que ſa légéreté ne ſuffit plus pour l'en dégager. Ajoutez à ces raiſons deux autres cauſes qui rendent encore la ſéparation des parties difficiles; c'eſt la viſcoſité qui eſt plus ou moins grande dans une matiére que dans une autre, mais dont aucune n'eſt parfaitement exempte; & l'analogie qui ſe trouve ſouvent entre deux liqueurs, & qui conſiſte vraiſemblablement dans une certaine convenance de figures, de grandeur, ou de ſurface. L'eſprit de vin mêlé avec l'eau ne s'en ſépare plus; & l'huile de térébenthine, qui n'eſt guéres plus légére, ne fait pas la même choſe.

II. Proposition.

Pluſieurs liqueurs ou pluſieurs fluides, quoique de natures différentes, péſent les uns ſur les autres en raiſon de leurs denſités & de leur hauteur.

Cette propoſition n'a beſoin ni d'explication, ni de preuves; car ſi toute liqueur eſt péſante, par la raiſon ſeule qu'elle eſt matiére, ajouter une liqueur ſur une autre, c'eſt ajouter un poids à un autre poids, & quand l'un des deux ſeroit plus petit que l'autre, il n'a pas moins une valeur réelle qui doit être comptée dans la ſomme. Si l'on a deſſein de charger le fond d'un vaiſſeau cylindrique de deux livres de liqueur, & qu'on commence par y verſer une livre d'eau, on pourra certainement achever la charge avec de l'huile; celle-ci étant moins péſante, il en faudra un plus grand volume, mais ſon poids ne contribuera pas moins à la preſſion qu'on s'eſt propoſée.

III. Proposition.

Deux liqueurs de denſités différentes ſont en équilibre, lorſqu'ayant la même baſe,

baſe, leurs hauteurs perpendiculaires à l'horizon ſont en raiſon réciproque de leurs denſités ou péſanteurs ſpécifiques.

III. EXPERIENCE.

PREPARATION.

ECD, *Fig.* 22. eſt un ſcyphon renverſé, dans lequel on verſe du mercure, juſqu'à ce que la ſurface de part & d'autre ſoit d'une demi-graduation plus élevée que la ligne *CD*; après quoi l'on verſe de l'eau colorée dans la branche *CE*.

EFFETS.

Lorſque la colomne d'eau meſure 14 graduations, le mercure ſe trouve d'une graduation plus élevé dans la branche *D*, que dans l'autre.

EXPLICATIONS.

Le mercure chargé d'un côté par la colomne d'eau, s'éléve dans l'autre branche juſqu'à ce qu'il ſoit en équilibre avec la liqueur qui le preſſe; quand il ceſſe de monter, ſa hauteur au-deſſus de ſon niveau égale la quatorziéme partie de celle de l'eau, &

l'on ſçait d'ailleurs que le poids de l'eau eſt à celui du mercure, comme 1 eſt à 14; il eſt donc évident que les hauteurs de ces deux liqueurs en équilibre, ſont en raiſon réciproque des denſités, puiſque l'eau ſe tient 14 fois auſſi haute, comme le mercure eſt 14 fois auſſi péſant.

APPLICATIONS.

La propoſition que nous venons de prouver, étant une fois reconnue pour vraie, il ſera aiſé de connoître le rapport de denſités de pluſieurs liqueurs, en comparant ainſi leurs hauteurs lorſqu'elles ſeront en équilibre; car on conçoit bien qu'au lieu de mercure on pourroit mettre avec l'eau toute autre matiére liquide, comme de l'huile, de l'eſprit de vin, &c. & qu'on jugeroit de même par leur hauteur au-deſſus du niveau, de combien l'une ſeroit plus ou moins péſante que l'autre.

Comme on peut juger des denſités par la comparaiſon des hauteurs, on pourroit auſſi par l'élévation de la plus péſante des deux liqueurs, ſi l'on connoiſſoit les denſités, eſtimer

la hauteur de la plus légére en tel cas où l'on ne pourroit la meſurer. Si, par exemple, un plongeur avoit au fond de l'eau un ſcyphon renverſé avec du mercure, ſur lequel la preſſion de l'eau agît ſeule, & ſeulement par une des deux branches, dès qu'il verroit le mercure élevé d'un pied, il pourroit conclure en toute ſûreté que la colomne d'eau qui preſſe, a 14 pieds de hauteur.

Nous ſommes ſur la terre comme les poiſſons qui rampent au fond de la mer, plongés dans un vaſte fluide qui nous environne de toutes parts, & dont nous ne ſçavons pas au juſte la hauteur : accoutumés dès l'inſtant de notre naiſſance à la preſſion de l'air qui eſt égale & uniforme ſur toute l'étendue de nos corps, nous ne la ſentons point, parce qu'elle eſt continuelle; car ſentir n'eſt autre choſe que juger de notre état actuel, par comparaiſon à un autre qui a précédé : une ſenſation qui n'eſt jamais interrompue, à proprement parler, n'en eſt pas une. Auſſi la connoiſſance de la péſanteur de l'air eſt-elle une découverte qui a encore tout le goût

de la nouveauté. Il y a à peine un ſiécle que l'on compte ſur la preſſion de ce fluide ; avant ce tems-là bien loin de le croire péſant, pluſieurs Philoſophes l'avoient mis au rang des matieres à qui ils attribuoient une légéreté abſolue.

Ce n'eſt pas que la nature n'eût parlé par des faits qui avoient fixé l'attention des Sçavans ; mais ce qu'elle avoit dit avoit été mal interprété. On avoit vû avec admiration, l'eau s'élever au-deſſus de ſon niveau dans les pompes aſpirantes ; on avoit remarqué que le piſton d'une ſeringue ne pouvoit ſe tirer qu'à grande force, quand elle étoit bouchée par le bout. On voyoit avec ſurpriſe qu'un ſoufflet n'avoit ſon jeu libre, qu'autant qu'il étoit ouvert par ſon canon, que deux corps durs & polis comme le marbre appliqués l'un à l'autre ſe ſéparoient très-difficilement, &c. « Mais c'eſt, diſoit-on, » que la nature a un amour ſecret pour » le plein ; dès qu'il y a quelque part » défaut de matiére, elle s'empreſſe » d'y en porter ; en un mot, *la nature* » *abhorre le vuide.* »

Ces mauvaiſes raiſons ſi peu reſpectables, mais pourtant trop reſpectées dans des tems où la raiſon cédoit à l'autorité d'un nom célébre, ont retardé long-tems les progrès de la Phyſique. Galilée ſe paya comme les autres de l'horreur du vuide, tant qu'il n'en vit point les bornes; mais s'étant aſſuré par des épreuves, que l'eau ne montoit qu'à trente-deux pieds dans les pompes aſpirantes, & que le reſte du tuyau, s'il étoit plus long, demeuroit vuide, ſe révolta enfin contre cette maniere de philoſopher; & bien loin de penſer, comme auroit pû faire quelqu'autre, que l'horreur du vuide avoit ſes limites, au-delà deſquelles elle ſe tournoit en indifférence, il commença à croire que ces ſortes de phénoménes avoient une cauſe phyſique bien différente de ce qu'on avoit imaginé juſqu'alors pour les expliquer. Ce qu'il avoit ſoupçonné, Toricelli ſon diſciple le mit en évidence. Ce Philoſophe Italien fit voir le premier en 1643. qu'une colomne d'air priſe dans l'atmoſphere, ſe met en équilibre avec une colomne d'un autre

fluide qui a la même baſe. Cette expérience que nous allons répéter, prouva invinciblement la péſanteur de l'air, & reſtitua authentiquement à ce fluide un très-grand nombre d'effets naturels que l'on avoit attribués juſqu'alors à une cauſe purement chimérique.

PROPOSITION.

L'air eſt un fluide péſant, & qui exerce ſa preſſion dans tous les ſens à la maniere des liqueurs.

Quoique nous ayons réſolu de traiter à part des propriétés de l'air, nous avons cru qu'il étoit à propos de placer ici ce qui regarde ſa péſanteur, parce que c'eſt une dépendance de l'hydroſtatique. Ce que l'air opére en qualité de fluide péſant, il le fait en conſéquence des principes de cette ſcience, & nous ne faiſons mention de lui en particulier, que parce que ſa gravité eſt une des plus curieuſes & importantes découvertes que l'on ait faites dans ces derniers tems. Mais nous n'y parlerons que de ſa péſanteur relative, remettant à traiter avec ſes autres proprié-

tés, de ſa péſanteur abſolue, en répétant les expériences qui la prouvent *à priori*.

IV. EXPERIENCE.

PREPARATION.

On fait couler du mercure bien net dans un tube de verre qui a environ 3 pieds de longueur, & qui eſt fermé par un bout. Quand le tube eſt entiérement plein, on met le doigt deſſus l'orifice pour le boucher, & après l'avoir renverſé, on porte le bout qui eſt fermé avec le doigt, dans un vaſe qui contient du mercure, & l'on ôte le doigt. Voyez la *Figure* 23.

EFFETS.

Le tube ainſi plongé & ouvert par en-bas, ſe vuide en partie dans le vaſe; mais il y reſte une colomne de mercure qui a environ 27 pouces $\frac{1}{2}$ de hauteur.

EXPLICATION.

L'air étant une matiere, a comme tous les autres corps une gravité qui

a pour centre celui de la terre même; un corps grave, comme nous l'avons vû précédemment, agit par ſon poids ſur tout ce qui s'oppoſe à ſa chûte, ou qui lui ſert de baſe; ainſi quand une colomne d'air de l'atmoſphere repoſe ſur quelque corps, elle le comprime ſelon toute la valeur de ſon poids. La ſuperficie du mercure dans le vaſe de notre expérience, eſt donc comprimée par le poids d'une colomne d'air, dont elle eſt la baſe; lorſqu'on applique à quelque endroit de cette ſuperficie comprimée, un tuyau qui contient une colomne de mercure plus péſante que la colomne d'air dont ſa baſe occupe la place, elle s'enfonce, & s'abbaiſſe juſqu'à ce que ſa hauteur diminuée, mette ſon poids en équilibre avec la preſſion qui s'exerce ſur toutes les parties ſemblables de la ſurface du mercure où le tube eſt plongé.

Cette expérience ſeule aux yeux d'un homme entêté de l'horreur du vuide, n'eût guéres eu plus de force que l'obſervation de Galilée ſur l'impuiſſance des pompes aſpirantes au-

deſſus de 32 pieds ; il ſe ſeroit encore fait illuſion en limitant l'amour de la nature pour le plein ; mais quel ſubterfuge peut-il reſter quand on compare l'un & l'autre fait ? Quand on voit que les colomnes de liqueurs élevées ainſi au-deſſus de leur niveau, diminuent comme leurs denſités augmentent ; quand on eſt aſſuré que la cauſe qui éléve l'eau à 32 pieds, ne peut ſoutenir le mercure qu'à 27 pouces $\frac{1}{2}$, & que l'on ſçait d'ailleurs que ces deux colomnes ſi différentes en longueurs, ont des poids parfaitement égaux, n'eſt-on pas forcé de reconnoître que la cauſe de leur ſuſpenſion n'eſt point une qualité abſtraite, puiſqu'elle ſe rapporte avec tant d'exactitude aux loix de la ſtatique ? En un mot, cet effet n'a-t-il pas tout l'air d'un équilibre ? C'eſt auſſi le jugement qu'en porta Toricelli, & qu'en porterent après lui la plûpart des Phyſiciens qui eurent connoiſſance de cette belle & curieuſe expérience. Mais perſonne ne contribua davantage à découvrir & à faire connoître la péſanteur de l'air, que M. Paſchal ; il

avoit employé l'horreur du vuide, comme un langage reçû ; mais il l'avoit fait, de même que Galilée, avec toute la répugnance que peut ſentir à s'exprimer obſcurément, un génie que la nature a formé pour ne recevoir & ne tranſmettre que des idées claires & diſtinctes. Il entra avec toute l'ardeur & la ſagacité dont il étoit capable, dans les vûes de Toricelli ; & tant par lui-même que par les ſoins de M. Perrier ſon beau-frere, qui étoit à Clermont en Auvergne, & qui pouvoit tirer avantage d'une haute montagne connue ſous le nom du *Puy de Dôme*, il mit dans la derniere évidence, ce que la colomne de mercure ſuſpendue au-deſſus de ſon réſervoir, indiquoit déja d'une maniere aſſez déciſive, à ceux qui avoient abjuré les qualités occultes, & qui ne vouloient plus admettre que des cauſes méchaniques pour expliquer les effets naturels.

Voici la méthode que ſuivit M. Paſchal, pour s'aſſurer ſi la ſuſpenſion des liqueurs au-deſſus de leur niveau dans les pompes aſpirantes, ou dans le tube de Toricelli, étoit

un fait d'équilibre, & ſi la puiſſance oppoſée au poids du mercure, étoit véritablement une colomne d'air priſe dans l'atmoſphere, comme il y avoit toute apparence. « Si l'air, dit-il, « eſt la cauſe de ce phénoméne, c'eſt « parce qu'il eſt péſant & fluide ; ſa « preſſion doit donc ſe faire comme « celle des liqueurs; elle doit diminuer « ou augmenter ſelon ſa hauteur ; & « les colomnes de liqueur avec leſ- « quelles on le mettra en équilibre, « ſeront toujours plus ou moins lon- « gues, ſelon qu'elles ſeront plus ou « moins denſes ; voyons ce que dira « l'expérience. »

Quelqu'étendue que puiſſe avoir l'atmoſphere au-deſſus de la ſurface de la terre, on ne peut guéres ſe diſpenſer de croire qu'elle forme autour du globe une enveloppe, dont la ſuperficie eſt uniforme & ſphérique, à peu près comme celle de l'eau paroît plane, quelque figure qu'ait le fond du vaſe qui la contient. Dans cette ſuppoſition, les colomnes d'air, à compter de l'extrémité de l'atmoſphere juſqu'à l'endroit où elles rencontrent la terre, ſont plus ou

moins longues, ſelon le plus ou le moins d'élévation du lieu où elles aboutiſſent ; elles ont donc plus de longueur au bas d'une montagne, & elles en ont moins au ſommet ; ſi l'air eſt péſant, ces colomnes dans un lieu bas, doivent faire une plus grande preſſion que dans un lieu plus élevé.

M. Perrier ayant remarqué à quelle hauteur étoit le mercure dans le tube de Toricelli, au pied du Puy de Dôme, trouva qu'il baiſſoit de plus en plus & conſtamment, à meſure qu'il s'avançoit vers le haut de la montagne, & qu'il remontoit au contraire, & ſuivant les mêmes proportions, à meſure qu'il deſcendoit vers la ville ; & cette expérience imaginée par M. Paſchal, & réiterée pluſieurs fois ſelon ſes intentions, a toujours donné le même réſultat ; on a donc conclu dès-lors que le mercure ſe ſoutient au-deſſus de ſon niveau dans le tube de Toricelli, par la preſſion de l'air ſur le réſervoir, parce qu'on voyoit baiſſer le mercure dans le tube, lorſque la colomne qui répondoit à ce réſervoir devenoit moins longue.

Mais ſi la preſſion de l'air ſur le réſervoir ſoutenoit 27 pouces $\frac{1}{2}$ de mercure dans le tube, il falloit que cette colomne ainſi ſuſpendue, ne fût aucunement ſoumiſe au poids de l'air par ſa partie ſupérieure ; car alors étant entre deux preſſions égales, elle doit tomber à ſon niveau par ſon propre poids. C'eſt auſſi ce qui arrive ſi l'on ouvre le bout du tube par le moindre petit trou ; & pour faire voir par une même expérience qu'il eſt également néceſſaire que l'air agiſſe ſur la ſurface du réſervoir, & qu'il n'agiſſe qu'en cet endroit, pour ſoutenir la colomne de mercure au-deſſus de ſon niveau, M. Paſchal imagina l'expérience qui ſuit.

V. EXPERIENCE.

PREPARATION.

FG, *Fig.* 24. eſt un tuyau de verre doublement recourbé en *H*, ayant environ 30 pouces de *G* en *K*, & autant de *H* en *F*. *K* eſt un petit canal ouvert qui communique avec l'intérieur du tube, & que l'on bouche avec un morceau de veſſie mouil-

lée. On emplit tout le tuyau de mercure, & on le plonge dans le réſervoir comme celui de Toricelli.

EFFETS.

1°. Le mercure deſcend en *I*, & ſe fixe à 27 pouces ½ ou environ au-deſſus du niveau. 2°. Si l'on pique avec une épingle la veſſie qui bouche l'orifice *K*, auſſi-tôt l'air y entre, & le mercure contenu depuis *I* juſqu'en *G*, tombe dans le réſervoir ; & celui qui eſt contenu dans le renflement *H*, s'éléve à peu près à la hauteur de 27 pouces ½.

EXPLICATION.

Il paroît par cette expérience, 1°. que l'air eſt la cauſe de ces deux effets, puiſqu'ils n'ont lieu que quand on pique la veſſie. 2°. Que l'élévation du mercure de *G* en *I*, eſt véritablement cauſée par la preſſion de l'air extérieur ſur la ſurface du réſervoir, puiſque le mercure retombe auſſi-tôt que cette preſſion eſt contrebalancée par l'introduction d'une colomne d'air en *K*. 3°. Que cette preſſion de l'air extérieur eſt bien ca-

pable de ſoutenir le mercure à 27 pouces ½, puiſqu'elle l'éleve à cette hauteur dans la partie *HF*.

Enfin M. Paſchal répéta l'expérience de Toricelli avec de l'eau, du vin, de l'huile, &c. & il parut par tous ſes réſultats, que c'étoit à la preſſion de l'air qu'on devoit attribuer la ſuſpenſion de toutes ces liqueurs au-deſſus de leur niveau, parce que leurs hauteurs étant toujours plus ou moins grandes dans les tubes, à proportion de leurs différentes denſités, il étoit palpable qu'elles ſe mettoient en équilibre avec un poids qui étoit toujours le même à peu près; & comme il n'y avoit que l'air qui répondît à leur baſe, ce fluide s'annonçoit lui-même comme la vraie cauſe de cet effet.

APPLICATIONS.

L'expérience de Toricelli ne fut pas plutôt connue, que les Phyſiciens s'empreſſerent de la répéter, & d'en étudier toutes les circonſtances; chacun d'eux avoit dans ſon cabinet la colonne de mercure ſuſpendue, & la viſitoit ſouvent. Un

examen auſſi aſſidu ne devoit pas laiſſer ignorer long-tems les variations qui arrivent à la hauteur du mercure dans le tube ; on s'en apperçût bien-tôt ; & nous voyons par des Lettres de M. Chanut chargé des affaires du Roi de France en Suede, que MM. Deſcartes, Paſchal & Perrier, ne l'ont point ignoré, & que l'on a penſé dès ce tems-là à faire, au moyen de cette expérience, un nouvel inſtrument méteorologique ; on l'a nommé depuis, *barométre* ou *baroſcope*, c'eſt-à-dire, meſure ou obſervation de la péſanteur (de l'air). En effet, puiſque c'eſt le poids de l'air qui ſoutient le mercure dans le tube, lorſqu'il monte plus haut ou qu'il deſcend plus bas que 27 pouces $\frac{1}{2}$ ſa hauteur moyenne, n'a-t-on pas raiſon de conclure que la preſſion de l'air eſt augmentée ou diminuée ? & cette colomne de mercure qui hauſſe & baiſſe, n'eſt-elle pas une indication de la péſanteur actuelle de l'atmoſphere ?

Quand le barométre n'auroit que cet avantage, de nous avertir que le

le fluide dans lequel nous vivons, agit plus ou moins fortement ſur nos corps, il mériteroit déja d'occuper une place dans nos appartemens, par préférence à tant d'autres meubles ſuperflus ou inutiles; mais il en a un autre qui le rend encore plus important, il annonce d'avance les changemens de tems, ſur-tout quand ils doivent être conſidérables; & l'on doit convenir que ces ſortes de prédictions ſont importantes pour les travaux de la campagne, pour les voyageurs, & dans une infinité d'autres circonſtances.

Cette propriété du barométre, eſt conſtatée par les obſervations de près d'un ſiécle, faites en différens pays, & par diverſes perſonnes attentives & exactes: & ſur-tout depuis l'établiſſement des Académies, nous avons des tables d'obſervations méteorologiques, par leſquelles il paroît conſtant,

1°. Que la hauteur moyenne du mercure dans le barométre, eſt de 27 pouces $\frac{1}{2}$ en France.

2°. Que le plus grand abbaiſſement ne va pas tout-à-fait à 26 pou-

ces, ni la plus grande élévation à 29.

3°. Que vers l'Equateur, les variations ſont moins grandes, & qu'elles le ſont plus dans les climats ſeptentrionaux.

4°. Que quand le mercure baiſſe dans le barométre au-deſſous de 27 pouces ½, il annonce de la pluye ou du vent, ou en général ce qu'on appelle mauvais tems.

5°. Qu'au contraire, quand il excéde ſa hauteur moyenne, il annonce le calme, le ſec, le beau-tems.

6°. Que ces prédictions manquent quelquefois, ſur-tout quand les variations de hauteur du mercure ſe font lentement, & en petite quantité.

7°. Qu'au contraire, elles ſont preſqu'infaillibles, quand le mercure monte ou deſcend d'une quantité conſidérable en peu de tems, comme, par exemple, de 3 ou 4 lignes en quelques heures.

8°. Qu'à Paris il eſt aſſez rare que les variations du barométre s'étendent plus loin que de 27 à 28 pouces.

Cette derniere obſervation a fait naître l'envie d'avoir des barométres dont lès variations euſſent plus d'étendue, afin que les plus petites puſſent être obſervées ; de-là ſont venus les barométres à deux branches, qu'on a nommés *doubles* par cette raiſon ; les barométres coudés, les barométres raccourcis, &c. dont nous ne donnerons point ici la deſcription, parce qu'ils ſont aſſez connus, & que cette digreſſion nous éloigneroit trop de notre ſujet. Nous dirons ſeulement que de tous les moyens qu'on a imaginés juſqu'à préſent pour perfectionner le barométre, il n'y en a aucun qui ſoit aſſez avantageux, & qui n'ait trop d'inconvéniens, pour mériter qu'on le préfére à celui de Toricelli, c'eſt-à-dire, à celui qu'on nomme communément barométre *ſimple*, & qu'on a repréſenté par la *Fig.* 25.

Mais ce dernier, tout ſimple qu'il eſt, doit être conſtruit avec des attentions que n'ont point ordinairement les Ouvriers qui les vendent. Il faut qu'il ſoit rempli d'un mercure parfaitement pur ; que le tube ait au

moins une ligne $\frac{1}{2}$ de diamétre intérieurement, que le verre en ſoit parfaitement net, & qu'il ne reſte aucune particule ſenſible d'air entre le mercure & lui. Il faut encore que le petit vaſe qui ſert de réſervoir au bas du tuyau, ſoit de telle largeur, que la ſurface du mercure qu'il contient, demeure ſenſiblement à la même hauteur, pendant que celui du tuyau monte ou deſcend. On doit auſſi avoir attention que l'échelle de graduation ſoit bien exactement diviſée; car ce ſeroit un défaut conſidérable, s'il ſe trouvoit quelques lignes de mécompte ſur les 27 pouces $\frac{1}{2}$ de hauteur moyenne, ce qui n'eſt que trop poſſible, quand on ſe contente de coller ſur une planche une impreſſion toute diviſée, comme on fait le plus ſouvent.

Si les Phyſiciens conviennent entre eux, que le mercure du barométre eſt ſoutenu à ſa hauteur moyenne, par le poids de l'air de l'atmoſphere, ils ne ſont pas tout-à-fait d'accord ſur les variations qu'on y remarque. On ſçait bien qu'une plus grande élévation du mercure, dénote une plus

grande preſſion de la part de l'air ; mais par quelles raiſons l'air preſſe-t-il davantage dans un tems que dans un autre, & quelle affinité y a-t-il entre cette preſſion plus ou moins grande, & le changement de tems qui n'arrive quelquefois que 10 ou 12 heures après ? C'eſt ce que nous examinerons ailleurs, quand nous aurons fait connoître plus amplement les propriétés de l'air, & les différens états de l'atmoſphere.

VI. EXPERIENCE.

Preparation.

On applique à la ſuperficie d'un vaſe plein d'eau colorée, un tuyau de verre ouvert par les deux bouts, & l'on ſucce avec la bouche ou autrement, l'air qu'il contient, *CD*, *Fig.* 20.

Effets.

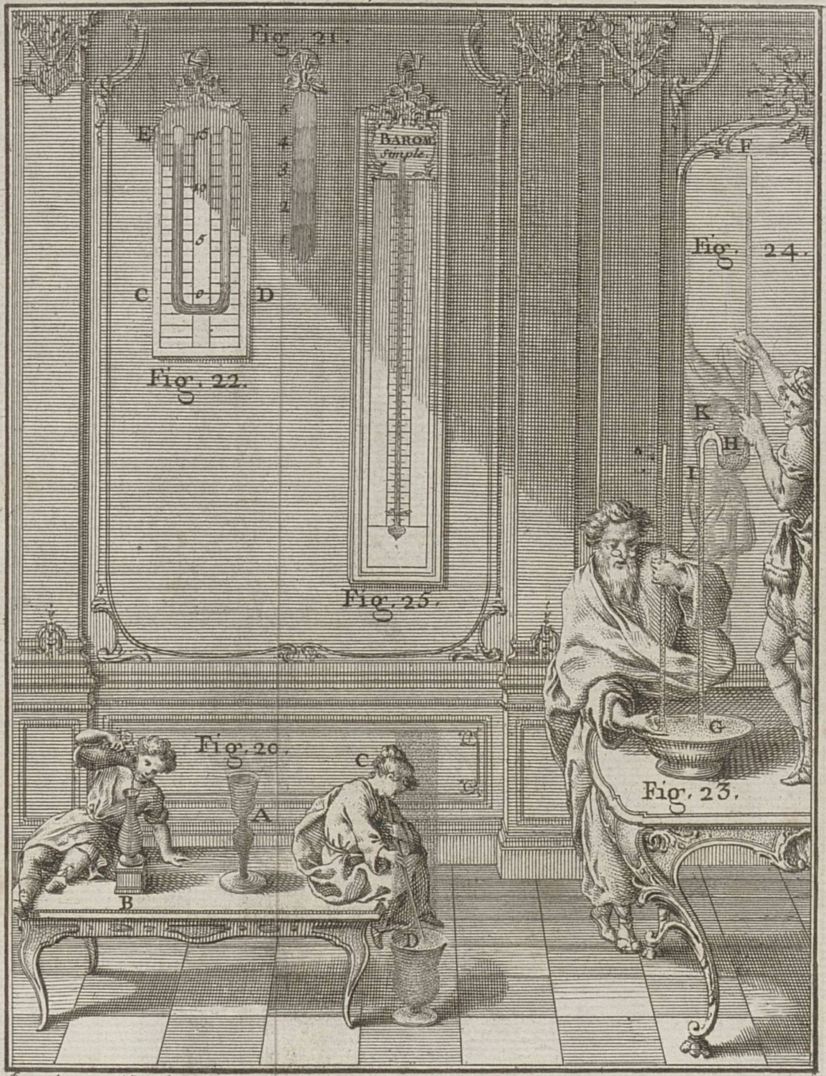
Dès que l'on ſucce l'air qui eſt dans le tube, l'eau y monte & le remplit.

Explications.

Puiſque l'air eſt un fluide univer-

ſellement répandu ſur tous les corps qui ſont à la ſurface de la terre, il faut concevoir l'eau de notre vaſe comme ayant deux ſortes de poids qui la font péſer ſur le fond; ſçavoir, celui qui lui vient de ſa propre maſſe, & celui d'une colomne d'air qui répond à ſa ſurface, & qu'elle ſoutient. Car nous avons vû ci-deſſus que pluſieurs liqueurs l'une ſur l'autre, exercent leur péſanteur en commun ſur le même fond. Suppoſons maintenant que l'eau ſoit diviſée en un certain nombre de petites colomnes ſemblables à celle qui répond à l'orifice du tube; chacune de ces colomnes répondra à une colomne d'air ſemblable en diamétre, & l'on pourra dire d'elle ce que nous venons de dire de la maſſe totale, qu'elle péſe ou qu'elle tend au fond du vaſe par elle-même, & par le poids de l'air qu'elle porte.

Tant qu'on ne ſucce pas l'air du tube, toutes les extrémités de ces colomnes d'eau ſont dans le même plan, parce qu'étant également péſantes, & également chargées, il n'y a pas de raiſon qui oblige l'une ou



Dessiné & Gravé Par Moreau.

l'autre à ſe tenir ou plus haute, ou plus baſſe que le reſte ; mais ſi l'une d'entre elles ſe trouve déchargée du poids de l'air qu'elle portoit, (& c'eſt l'en décharger que d'ôter l'air du tuyau de verre,) alors cette colomne doit s'élever au-deſſus des autres, parce qu'elle n'eſt plus en état de leur faire équilibre. Et comme la fluidité de la maſſe ne permet pas que cette colomne ainſi élevée laiſſe aucun vuide dans le fond, elle ſe répare continuellement aux dépens des autres qui diminuent de longueur, & le vaiſſeau ſe vuide de cette maniere.

Si la preſſion de l'air ſur la ſurface de l'eau étoit infinie, on pourroit ainſi avec un tuyau aſſez long élever l'eau, ou toute autre liqueur, à une hauteur non-limitée. Mais ſi le poids de l'air n'a qu'une certaine valeur, quand l'eau ſera parvenue à telle hauteur, où ſon propre poids ſera égal à celui de l'air qui la ſouléve, on aura beau ſuccer celui du tuyau, la puiſſance de l'air extérieur épuiſée, n'aura plus d'effet au-delà.

VII. EXPERIENCE.

PREPARATION.

Cette expérience ſe fait de même que la précédente ; mais on ſe ſert de mercure au lieu d'eau , & le tube doit avoir au moins 30 pouces de longueur , & ne pas excéder une ligne de diamétre.

EFFETS.

Le mercure arrivé à 27 pouces ½ ou environ , ne s'éléve pas davantage , quoiqu'on continue de ſucces l'air du tuyau.

EXPLICATION.

Nous n'avons rien à ajouter à l'explication de l'expérience précédente , pour faire entendre celle-ci , ſinon que , comme le mercure eſt beaucoup plus péſant que l'eau , la péſanteur de l'air extérieur qui ſert à l'élever , ſe trouve en équilibre avec une colomne moins longue. S'il y avoit quelque fluide encore plus péſant que le mercure , on le verroit ſans doute ſe fixer encore plus bas.

APPLICATIONS.

APPLICATIONS.

Vuider d'air un tuyau en le ſuçant avec la bouche, ou bien en traînant dedans, & de bas en-haut, un bouchon bien exact, c'eſt la même choſe quant à l'effet qui doit s'enſuivre; c'eſt toujours donner lieu à la preſſion de l'air qui répond au réſervoir, & cela ſuffit pour élever le fluide. C'eſt préciſément ce que l'on voit dans les ſeringues ou pompes aſpirantes; car le piſton paſſant de bas en-haut du cylindre creux qui le contient, ſouléve la colomne d'air qui péſe ſur ſon plan ſupérieur; il ſe fait au-deſſous un vuide, où le poids de l'atmoſphére fait monter l'eau, comme dans le tuyau de l'expérience précédente. Voyez la *Fig.* 27.

Mais comme le poids de l'atmoſphére eſt limité, & qu'une colomne d'eau d'environ 32 pieds, lui fait équilibre dans nos climats, & dans les lieux qui ne ſont pas beaucoup élevés au-deſſus du niveau de la mer, on conçoit bien qu'une pompe, telle que celle dont nous parlons, & qu'on nomme *aſpirante*, ne peut point

élever l'eau à toute hauteur. Quand celle-ci ne ſuffit pas, on employe celles dont nous avons parlé ci-deſſus, & que nous avons appellées pompes foulantes. Comme dans ces derniéres la colomne d'eau qu'on éléve eſt immédiatement portée par le piſton, & que ce piſton eſt mené par une puiſſance que l'on peut augmenter autant que l'on veut, il eſt évident que l'aſcenſion de l'eau n'eſt bornée à aucune hauteur.

Si les pompes foulantes ont l'avantage de porter l'eau à toutes ſortes de hauteurs, elles n'ont pas celui de pouvoir être placées hors du puits ou du baſſin d'où l'on veut tirer l'eau, comme les pompes aſpirantes. Et c'eſt une incommodité très-grande de placer & d'entretenir ces ſortes de machines dans des lieux fort profonds, ſouvent étroits, difficiles à épuiſer, & aſſez ordinairement dans des pays où la diſette d'ouvriers intelligens ajoute encore à la difficulté des réparations.

On évite ces inconvéniens, & l'on jouit d'un double avantage, en conſtruiſant les pompes de maniére qu'el-

les ſoient en même tems aſpirantes & foulantes, telles que celles qui ſont repréſentées par la *Fig*. 28. Le piſton aſpire en montant, & foule en deſcendant. Le tuyau qui conduit l'eau de la ſource à la pompe, ne peut à la vérité avoir que 32 pieds tout au plus de hauteur perpendiculaire; mais cela ſuffit ſouvent pour placer la pompe dans un lieu commodément acceſſible, & le tuyau montant, qui porte l'eau refoulée, peut avoir autant de longueur que la force motrice le permet.

Quand on employe des pompes aſpirantes, il faut avoir égard à la ſituation du lieu; car puiſqu'elles n'élévent les eaux qu'à l'aide de l'atmoſphére qui péſe ſur la ſurface de la ſource, plus cette ſource eſt élevée au-deſſus du niveau de la mer, moins la colomne d'air qui la preſſe eſt longue. J'ai porté un barométre au plus haut des Alpes *, & j'ai trouvé que le mercure s'y tenoit d'environ un quart moins haut qu'en Piémont. Si j'y euſſe porté une pompe aſpirante, & que je l'euſſe miſe en jeu, elle ne m'auroit donc élevé l'eau tout au plus

* *Le 23. Juil. 1739.*

qu'à 24 pieds; & par la raiſon du contraire, dans les ſouterrains très-profonds on pourroit attendre du poids de l'air des effets plus grands que ceux qu'il opére ailleurs.

C'eſt par une méchanique aſſez ſemblable à celle des pompes aſpirantes, que les oiſeaux à longs becs, comme les hérons, les cygognes, les bécaſſes, &c. & la plûpart des quadrupedes, les chevaux, les vaches, les cerfs, &c. élévent l'eau dans leur eſtomac: ces animaux boivent en suçant, & ſucer n'eſt autre choſe que raréfier l'air intérieur, en dilatant les capacités qui le contiennent, pour donner lieu à l'atmoſphére d'agir par ſa preſſion. La poitrine en s'élevant, ſemblable à un ſoufflet dont on écarte les panneaux, fait naître un nouveau vuide, que l'air du dehors va remplir ordinairement, (ce que l'on nomme *reſpirer*;) mais ſi la bouche ſe trouve baignée ou remplie d'eau, quand ce dernier fluide ſeroit au-deſſous de l'eſtomac où ſe fait le vuide, il y eſt porté par le poids de l'air dont il eſt toujours chargé.

S'il reſtoit encore quelque incerti-

Dessiné & Gravé par Moreau.

tude après les explications que nous venons de donner de l'aſpiration des pompes, & des autres effets de cette eſpéce, ſi l'on doutoit encore que la preſſion de l'air en fût la véritable cauſe, on pourroit achever de s'en convaincre par l'expérience que nous allons rapporter.

VIII. EXPERIENCE.

Preparation.

Sur la platine d'une machine pneumatique on place un petit gobelet qui contient du mercure, on le couvre d'un récipient ſurmonté d'une petite pompe aſpirante, dont le tuyau, qui eſt de verre, plonge dans le petit vaiſſeau, & l'on fait le vuide le plus parfait qu'il eſt poſſible. *Fig.* 29.

Effets.

Quand on léve le piſton de la petite pompe, on ſent une réſiſtance conſidérable, & le mercure ne s'éléve point dans le tuyau; mais ſi l'air vient à rentrer dans le récipient, la pompe alors a ſon effet ordinaire.

EXPLICATIONS.

Nous prétendons que le poids de l'air fait monter les fluides dans les pompes aſpirantes ; on le ſupprime en évacuant le vaiſſeau ſous lequel eſt placé le mercure, & la pompe n'a plus ſon effet. Il eſt donc prouvé que ce que l'on a ſupprimé (l'air & ſa preſſion) eſt la vraie cauſe de cette aſcenſion des liqueurs dans les pompes.

La difficulté qu'on éprouve en élevant le piſton, quand le récipient eſt vuide, eſt encore une preuve du poids de l'air. Que la ſeringue aboutiſſe à un vaiſſeau vuide d'air, ou qu'elle ſoit bouchée par en-bas, c'eſt la même choſe ; tant que le piſton preſſé en ſa partie ſupérieure par une colomne d'air qui péſe de haut en-bas, l'eſt en même tems par une autre colomne du même air qui ſoutient ſa partie inférieure, ſoit immédiatement, ſoit par l'intermède d'un autre fluide qu'il pouſſe, ce piſton eſt en équilibre entre deux puiſſances égales, & pour le mouvoir on n'a que ſon frottement à vaincre ; mais quand on ſup-

prime la colomne d'air qui le ſoutient en-deſſous, on ne peut plus le tirer de bas en-haut, qu'on ne ſouléve l'air qu'il porte, & cet air eſt un cylindre qui a toute la hauteur de l'atmoſphére, & dont le piſton même eſt la baſe.

APPLICATIONS.

Qu'on ſe rappelle ici le moyen que nous avons employé dans la ſeconde leçon *, pour forcer l'eau & le mercure de paſſer à travers des pores du bois & de la peau. Et l'on concevra, par ce que nous venons de dire touchant la preſſion de l'air, pourquoi ces fluides ont pénétré le fond de leur vaſe, lorſqu'on a fait le vuide dans les canons de verre ſur leſquels ils étoient établis. Car il eſt aiſé de comprendre qu'en ſupprimant, comme nous avons fait, l'air qui fait équilibre en-deſſous, à celui qui preſſe par-deſſus, celui-ci exerce tout ſon poids ſur la liqueur, & la force de paſſer.

* 1. & 2. *Experiences Tom. I. p. 82. & ſ.*

Un ſoufflet bouché de toutes parts n'a plus le mouvement libre ; parce que, comme le piſton de la ſeringue de la derniére expérience, il porte une maſſe d'air conſidérable, à

quoi rien ne fait équilibre en-dedans.

Par la même raiſon, la poitrine des animaux ne peut plus ſe dilater, comme elle a coutume de faire pour la reſpiration, dès qu'on ferme tout accès à l'air qui doit y entrer; & les Anatomiſtes conviennent que les animaux qui ſe noyent, meurent moins de la quantité d'eau qu'ils avalent, que par l'interruption du mouvement néceſſaire pour reſpirer.

La péſanteur, ou la preſſion latérale de l'air peut ſe prouver par l'expérience qui ſuit.

IX. EXPERIENCE.

Preparation.

Il faut établir & fixer ſur la platine de la machine pneumatique, un petit moulinet que l'on couvre d'un petit récipient, percé par le côté & garni d'un petit bout de tuyau, que l'on tient bouché avec le doigt, pendant qu'on raréfie l'air d'un coup de piſton ſeulement. *Fig.* 30.

Effets.

Dès qu'on ôte le doigt pour laiſ-

ſer le canal ouvert, on entend un ſouffle, & l'on voit tourner le moulinet très-rapidement.

EXPLICATIONS.

Le ſouffle qu'on entend, ne peut point être attribué à autre choſe, qu'à l'air qui paſſe avec beaucoup de vîteſſe du dehors au-dedans du recipient, pour remplacer celui qu'on a pompé ; & comme le canal qui lui donne paſſage eſt horizontal, on ne peut ſe diſpenſer de reconnoître que l'air, comme tous les autres fluides, exerce ſa péſanteur de côté, de même que de haut en-bas.

APPLICATIONS.

Tout le monde ſçait qu'un tonneau plein & percé par le bas ſeulement, ne s'écoule point, à moins que le trou ne ſoit fort grand ; c'eſt que l'air par ſon poids ſoutient la liqueur qui tend à ſortir, & qui péſe moins que lui, parce qu'elle n'a point une hauteur ſuffiſante : mais ſi l'on fait une ouverture à la partie ſupérieure du tonneau, l'air qui péſe ſur la liqueur par ce nouveau trou, fait autant d'ef-

fort pour la chaſſer de haut en-bas ; qu'une colomne d'air ſemblable en fait pour l'empêcher de ſortir par en-bas, & alors cette liqueur s'écoule par ſon propre poids. Cette explication peut ſervir à rendre raiſon d'un fait qui paroît d'abord aſſez ſingulier. On emplit d'eau un flacon, *Fig.* 31. percé en *A* d'un petit trou, que l'on tient bouché avec une boulette de cire ; à travers du bouchon qui ferme exactement l'orifice, paſſe un tube de verre *B*, qui eſt ouvert des deux bouts ; & l'on emplit d'eau le flacon & le tube. Si l'on débouche le trou qui eſt en *A*, l'eau s'écoule juſqu'à ce que le tube ſoit vuide ; & auſſi-tôt après elle s'arrête.

Ce qui eſt contenu dans le tube doit s'écouler par ſon propre poids, parce que l'air preſſe autant en *B*, qu'il réſiſte en *A* ; mais quand ce tube eſt entiérement vuidé, l'écoulement doit ceſſer : car l'eau qui eſt au-deſſous de *A C*, eſt retenue par ſon propre poids, comme elle l'eſt ordinairement dans une taſſe ; & celle qui eſt au-deſſus de cette ligne demeure ſuſpendue, non-ſeulement par la preſ-

ſion de l'air en *A*, mais encore par celle d'une colomne qui agit par *B* le long du tuyau.

Enfin tous les effets qui dépendent du poids de l'air, ſe font dans une chambre auſſi-bien qu'en dehors; le barométre, par exemple, s'y tient auſſi haut, & les pompes élévent également l'eau dans des lieux couverts: ce qui prouve bien que les planchers ne bornent point la colomne d'air qui ſoutient le mercure ou les autres liqueurs, mais qu'elle emprunte ſon poids de l'atmoſphére avec qui elle communique, par les fenêtres ou par les portes.

Voici maintenant des preuves de la réſiſtance que l'air fait de bas en-haut.

X. EXPERIENCE.

PREPARATION.

Rempliſſez d'eau le canon de verre repréſenté par la *Fig.* 32. couvrez-le d'un morceau de papier qui touche bien les bords; mettez la main deſſus, & renverſez le vaiſſeau dans une ſituation perpendiculaire à l'horizon.

EFFETS.

Quand on ôte la main qui tient le morceau de papier appliqué à l'embouchure du vaſe, l'eau demeure conſtamment ſuſpendue, & le papier qui lui ſert de baſe y demeure appliqué.

EXPLICATIONS.

L'eau contenue dans le vaſe ne peut deſcendre & s'échapper, qu'en refoulant une colomne d'air *D E*, appuyée contre la terre ou contre le plancher, mais cette colomne ne peut refluer latéralement, parce qu'elle eſt ſoutenue de tous côtés par l'atmoſphére même, dont le poids ſeroit capable de porter une maſſe d'eau qui auroit 32 pieds de hauteur; ainſi la réſiſtance de la colomne *D E* étayée par les colomnes voiſines, eſt plus que ſuffiſante pour empêcher l'eau du vaiſſeau de tomber.

Le morceau de papier dans cette expérience ne ſert qu'à prévenir la diviſion des deux fluides, qui auroient peine à ſe contenir à cauſe de la grande différence de leurs denſités. Quand

l'air & l'eau ſe touchent par des baſes moins larges, cette précaution eſt inutile, comme on l'a pû remarquer dans les expériences précédentes.

APPLICATIONS.

On peut rappeller ici la fontaine intermittente, dont nous nous ſommes ſervis pour prouver la réſiſtance des corps par celle de l'air *; & l'on appercevra aiſément d'où lui vient l'intermittence de ſon écoulement. Car tant que le canal, qui porte l'air dans le réſervoir, eſt bouché par en-bas, l'air qui répond à l'orifice des petits canaux dirigés vers le baſſin, eſt plus fort qu'il ne faut pour arrêter la chûte de l'eau, dont le poids ne peut avoir ſon effet, que quand elle eſt entre deux airs d'égale force; & cela arrive toutes les fois que l'eau du baſſin étant écoulée, l'ouverture inférieure du canal reſte à découvert. Nous avons parlé auſſi au même endroit d'une eſpéce de pompe, ou de chalumeau renflé, en uſage dans les offices pour puiſer l'eau qu'on met rafraîchir dans des flacons d'étain. Les liqueurs demeurent encore ſuſ-

* I. Leçon. 3. *Section.* 2. *Exper.*

pendues dans cet inſtrument, par la réſiſtance que l'air fait de bas en-haut, & qui ne manque pas d'avoir ſon effet; quand on bouche avec le doigt l'orifice d'en-haut, pour empêcher que l'air qui y répond ne joigne ſon poids à celui de la liqueur.

XI. EXPERIENCE.

PREPARATION.

FGHI, *Fig.* 33. eſt un tuyau de verre recourbé, dont une jambe eſt plus longue que l'autre, & que l'on nomme un *ſcyphon*: on plonge la jambe la plus courte dans un vaſe plein d'eau, & en appliquant en *I* la bouche, ou une petite pompe, on ſuce l'air qu'il contient.

EFFETS.

Par la ſuction que l'on fait en *I*, le ſcyphon ſe remplit d'eau; & dès qu'on ôte la bouche, il ſe fait un écoulement qui continue, tant qu'il y a de l'eau dans le vaſe.

EXPLICATIONS.

L'eau du vaſe étant preſſée en tou-

te ſa ſurface, par le poids de l'atmoſphére, doit s'échapper par l'endroit où elle ceſſe d'éprouver la même preſſion ; c'eſt pourquoi elle remplit tout le ſcyphon auſſi-tôt qu'on en ſuce l'air, & qu'on ſuſpend ſon action en *F*. Si les deux jambes étoient égales, comme *FG*, *GH*, après la ſuction il n'y auroit point d'écoulement, parce que la colomne d'air qui réſiſteroit en *H*, étant auſſi haute que celle qui preſſe en *F*, lui feroit équilibre, & l'eau retomberoit par ſon propre poids. Mais lorſque l'une des deux jambes a ſon orifice au-deſſous de la ſuperficie du réſervoir, comme *GI*, quoique la colomne d'air qui lui répond, ſoit plus longue que celle qui péſe en *F*, elle n'eſt pas en état d'empêcher l'eau de couler.

Pour ſaiſir la raiſon de ceci, il faut conſidérer la colomne totale d'air *IK* comme diviſée en deux parties, dont une *KH*, fait équilibre à *LF*, & ſeroit capable d'arrêter l'eau, ſi le tuyau finiſſoit en *H*. L'eau qui remplit la partie *HI* du ſcyphon, ne trouve donc d'autre réſiſtance en *I*, qu'une colomne d'air de même lon-

gueur qu'elle, & qui péſe beaucoup moins. Cette portion d'eau s'écoule donc par l'excès de ſon poids : mais pendant qu'elle tombe, rien ne ſoutient celle qui eſt au-deſſus; c'eſt pourquoi elle eſt continuellement remplacée : ainſi l'écoulement a lieu, non parce que l'air ne réſiſte pas, mais parce qu'à hauteur égale, l'eau péſe plus que lui. Et par cette derniére raiſon, la réſiſtance de l'air en *I*, qui eſt toujours vaincue, l'eſt d'autant plus, que la partie *HI* du tuyau eſt plus longue ; la preſſion en *A* en devient d'autant plus forte, & c'eſt ce qui ſe voit évidemment par l'expérience ſuivante.

XII. EXPERIENCE.

PREPARATION.

AB, *Fig.* 34. eſt un gros tuyau de verre qui a environ 15 pouces de longueur, fermé en *B*, & garni en *A* d'une virole de métal, avec un fond auquel ſont ſoudés deux tuyaux qui peuvent avoir intérieurement 2 lignes $\frac{1}{2}$ de diametre. Le plus court des deux, qui eſt coudé, s'éléve de

2 ou 3 pouces, en forme d'ajutages dans le gros canon ; l'autre qui eſt plus long, ouvert auſſi des deux bouts, n'excéde point le fond auquel il eſt ſoudé, mais il ſe diviſe en deux parties qui peuvent ſe ſéparer en *D*, & ſe rejoindre à vis. On renverſe cet inſtrument pour y faire couler par le plus long tuyau quelques pouces d'eau ; enſuite on le remet dans ſa ſituation naturelle, & dans le même inſtant on plonge la jambe coudée dans un pot plein d'eau.

EFFETS.

Auſſi-tôt l'eau s'écoule par la jambe la plus longue, & l'on apperçoit un jet d'eau dans le gros canon ; mais ce jet s'éléve beaucoup plus haut, quand le tuyau par où ſe fait l'écoulement, eſt compoſé de ſes deux parties, que lorſqu'on en retranche une.

EXPLICATIONS.

Les deux petits tuyaux, & le gros canon auquel ils aboutiſſent, doivent être conſidérés comme un ſcyphon ; l'eau qui monte par la jambe la plus courte, & qui s'élance par

ſon extrémité, eſt élevée par le poids de l'air qui agit ſur la ſurface du pot; & puiſque cet élancement de l'eau eſt d'autant plus grand, que l'autre jambe eſt plus longue, c'eſt une marque certaine que la preſſion qui le cauſe, croît à proportion de cet allongement, comme nous l'avons dit ci-deſſus.

APPLICATIONS.

Le ſcyphon que nous venons d'employer, peut être fait de façon que le réſervoir & les branches ſoient cachés dans un pied-d'eſtal, ou autrement; & alors il fait voir un jet d'eau au-deſſus de ſa ſource. Voyez la *Fig.* 35.

En général les ſcyphons ſont fort en uſage dans les celliers, dans les laboratoires de Chymie, dans les offices, &c. pour tirer les liqueurs à clair; comme cet inſtrument les puiſe par la ſuperficie, & qu'on l'employe ſans être obligé de remuer les vaiſſeaux, c'eſt un moyen ſûr pour tirer ſans lie les vins, les ratafiats, &c.

La figure & la matiére du tuyau ne changent rien à l'effet du ſcyphon.

S'il ſe trouve dans une montagne une veine de ſable, qui ait la forme de cet inſtrument, & qu'elle ſoit renfermée dans de la glaiſe, ou dans quelque autre matiére moins propre à filtrer l'eau, ce ſcyphon naturel épuiſera une cavité remplie d'eau, à laquelle répondra ſa jambe la plus courte; & ſi les écoulemens qui fourniſſent au réſervoir, ſe font plus lentement que ſon évacuation, l'extrémité de la jambe la plus longue ſera une ſource ou une fontaine naturellement intermittente & périodique.

Le verre à ſcyphon repréſenté par la *Fig.* 36. rendra cette idée ſenſible. Sa coupe que l'on remplit d'eau, peut repréſenter la cavité que nous ſuppoſons dans la montagne : le tuyau recourbé, dont la jambe la plus longue paſſe à travers du pied, procure une évacuation qui commence dès que l'eau eſt parvenue au-deſſus de la courbure, & qui, lorſqu'elle eſt finie, ne recommence que quand le verre a été rempli de nouveau.

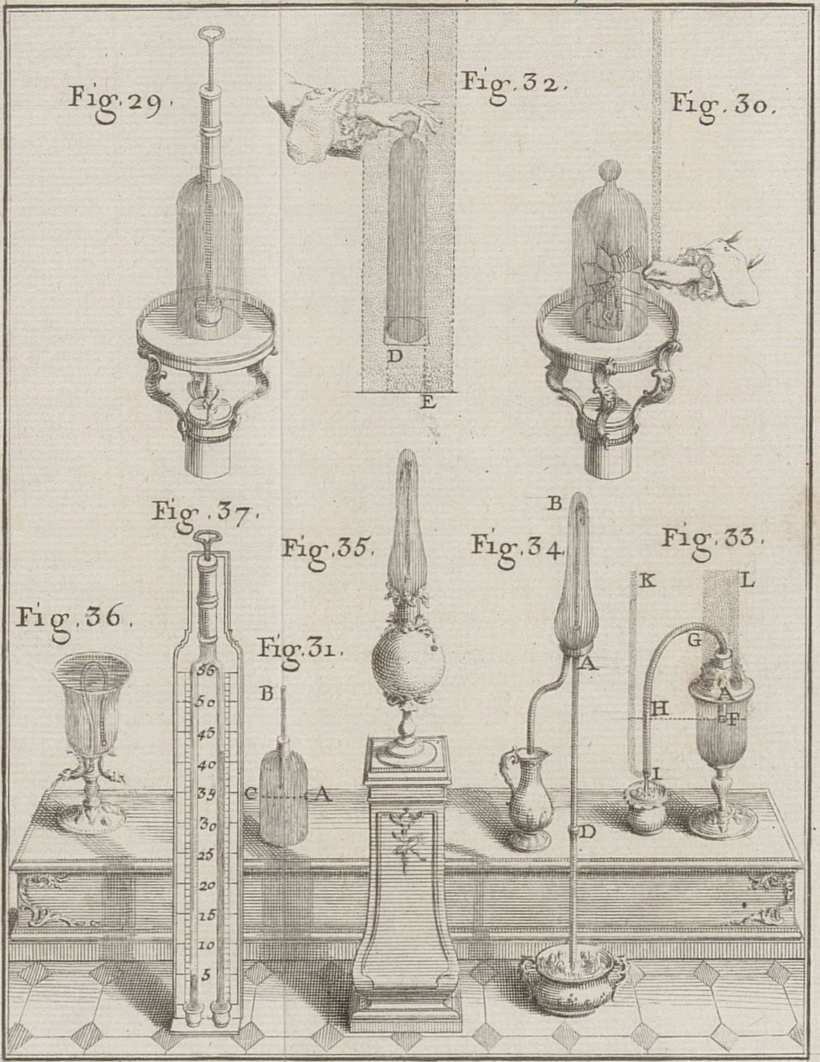
Il faut convenir que pour tirer de cette expérience une explication complette des ſources périodiques, on

doit ſuppoſer un épuiſement parfait dans la cavité qui ſert de réſervoir: car l'écoulement de notre verre à ſcyphon, quand une fois il a commencé, ne finiroit point, ſi l'on avoit ſoin d'entretenir de l'eau dans le vaſe ; & l'on aura peine à concevoir que la ſource qui ſe fait au bout de la branche la plus longue du ſcyphon, puiſſe avoir des intermittences, ſi les écoulemens qui fourniſſent de l'eau à la plus courte, n'en ont point. Mais ces ſortes d'effets naturels ont ordinairement pluſieurs cauſes à la fois, & c'eſt toujours un avantage que d'en pouvoir indiquer quelqu'une.

Comme les liqueurs doivent monter dans la jambe la plus courte du ſcyphon, avant que de s'écouler par la plus longue, & qu'elles y ſont élevées par le poids de l'air qui agit ſur le réſervoir, on doit régler la hauteur de cette partie du tuyau, ſelon le poids actuel de l'atmoſphére, & la denſité de la liqueur qu'il doit contenir. Car ſelon ce que nous avons enſeigné touchant les pompes aſpirantes, l'eau commune ne s'éleveroit point dans un ſcyphon, paſſé 32

pieds, ni le mercure au-delà de 27 ou 28 pouces ; encore ne faudroit-il pas que ce fût dans un lieu fort élevé au-deſſus du niveau de la mer.

Cette réflexion m'a fait penſer qu'on pourroit comparer facilement & en peu de tems, les denſités de deux liqueurs, par le moyen d'un ſcyphon ouvert en ſa courbure, & ſurmonté d'une petite pompe aſpirante, comme il eſt repréſenté par la *Fig*. 37. Car cet inſtrument étant fixé ſur une planche graduée par pouces & par lignes, ſi les branches ſont plongées également dans deux gobelets, dont l'un, par exemple, contienne du mercure, & l'autre de l'eau, en raréfiant l'air des tuyaux par le moyen de la petite pompe, chaque liqueur obéira à la preſſion de l'air extérieur qui eſt commune à toutes les deux, ſelon le rapport de ſa denſité ; ſi le mercure s'éléve d'un pouce, l'eau montera au quatorziéme. Mais ſi l'on faiſoit uſage de cet inſtrument, il faudroit que les tuyaux, de part & d'autre, euſſent au moins 3 ou 4 lignes de diamétre intérieurement. Nous en dirons la raiſon à la fin de la leçon qui ſuit.



Moreau Sculp.

VIII. LEÇON.

Suite de l'Hydroſtatique.

III. SECTION.

De la péſanteur & de l'équilibre des Solides plongés dans les liqueurs.

QUAND un corps ſolide eſt plongé, il occupe la place d'un volume de liqueur égal au ſien ; à moins que ce ne ſoit quelque matiere ſpongieuſe, qui admette une portion de la liqueur dans ſes pores, ou un corps diſſoluble, dont les parties déſunies peuvent ſe loger dans les pores mêmes du diſſolvant. Car dans ces deux cas, les volumes ou grandeurs apparentes, tant du ſolide que de la liqueur, ſe confondent un peu ; & lorſqu'ils ſont mêlés, il arrive le plus ſouvent qu'ils occupent moins

de place qu'il n'en falloit pour les contenir ſéparément : un vaſe, par exemple, dont la capacité égaleroit une pinte, ne ſeroit pas plein ſi l'on y mettoit une chopine d'eau, & une pareille meſure de ſucre en poudre, ou de morceaux d'éponge. Nous n'avons pas maintenant ces ſortes d'effets en vûe : nous conſidérons les corps plongés comme entiers & impénétrables aux fluides qui les reçoivent ; telle eſt une bille d'yvoire que l'on fait deſcendre dans l'eau, & qui l'oblige de s'élever vers les bords du vaſe dans lequel elle eſt contenue.

Ce volume de liqueur déplacé par le corps plongé, ou la quantité qui s'éléve au-deſſus du plan dans lequel s'étoit fixée la ſurface de la liqueur avant l'immerſion, ce volume, dis-je, péſe plus ou moins ſelon ſa denſité ; car les fluides, de même que les ſolides, différent entre eux, par la quantité de matiere propre qu'ils renferment ſous un certain volume ; & la même liqueur n'eſt pas toujours également denſe.

On peut faire ici deux ſuppoſitions : 1°. Que le volume de liqueur en

en queſtion, égale en denſités, & par conſéquent en poids, le corps ſolide qui a pris ſa place : 2°. ou bien que l'un des deux péſe plus que l'autre. Nous appellerons *péſanteur reſpective*, la quantité dont le plus péſant ſurpaſſera le plus léger ; de ſorte que ſi un volume d'eau péſant une livre, eſt déplacé par un ſolide qui péſe une livre & demie, la péſanteur reſpective de celui-ci, ſera une demi-livre.

PREMIERE PROPOSITION.

Un corps ſolide entiérement plongé, eſt comprimé de tous côtés par la liqueur qui l'entoure ; & la preſſion qu'il éprouve, eſt d'autant plus grande, que la liqueur a plus de denſité, & qu'il eſt plus profondément plongé.

Nous avons fait voir dans la premiere Section de la Leçon précédente, que le poids des liqueurs s'exerce dans tous les ſens. Nous avons prouvé encore que cette preſſion croît en raiſon de la hauteur du liquide ; & enfin, dans la ſeconde Section il a été démontré qu'il y a équilibre entre deux liqueurs dont les

hauteurs ſont en raiſon réciproque de leurs denſités ou péſanteurs ſpécifiques. La propoſition que nous venons d'énoncer, n'eſt qu'une conſéquence de celles-ci : de la premiere, il ſuit qu'*un corps plongé, eſt comprimé de toutes parts*. Il ſuit de la ſeconde, que *la preſſion qu'il éprouve, eſt d'autant plus grande, qu'il eſt plus profondément plongé*. Et de la troiſiéme enfin, il ſuit, qu'à profondeurs égales, *la charge eſt d'autant plus grande, que le fluide a plus de denſité ou de péſanteur*.

PREMIERE EXPERIENCE.

Preparation.

La *Fig.* 1. repréſente un grand vaſe de verre plein d'eau claire, dans laquelle on plonge une petite veſſie remplie d'eau colorée, & liée à un tube de verre qui eſt ouvert par les deux bouts.

Effets.

Quand la veſſie eſt entiérement plongée, l'eau colorée commence à monter dans le tube, & elle s'y éleve de plus en plus, à meſure que

l'on plonge plus avant, de maniere qu'elle eſt toujours auſſi haute que la ſuperficie de l'eau contenue dans le grand vaſe.

EXPLICATION.

L'eau colorée qui s'éleve dans le tube pendant l'immerſion, prouve inconteſtablement que la veſſie eſt comprimée, & que ſa capacité eſt diminuée : quand on voit cet effet augmenter à meſure qu'on la plonge plus avant, on eſt forcé de reconnoître que la preſſion de l'eau qui en eſt la cauſe, augmente auſſi ; & comment n'augmenteroit-elle pas, puiſque le corps plongé ſe trouve alors chargé de colomnes plus hautes, & qui ont toujours, à peu de choſe près, des baſes auſſi larges ? Je dis à peu de choſe près ; car la compreſſion diminue le volume total de la veſſie, & ſa ſurface n'eſt pas tout-à-fait auſſi grande au fond du vaſe, qu'elle l'eſt à fleur d'eau.

L'eau colorée s'éléve dans le tube à meſure qu'il s'avance vers le fond, mais jamais elle n'excéde la ſuperficie de l'eau du grand vaſe ; parce que

les deux liqueurs étant de même denſité, quand elles ſe mettent en équilibre, leurs hauteurs doivent être égales. Il n'en ſeroit pas de même, ſi la veſſie au lieu d'eau, contenoit de l'eſprit-de-vin ou du mercure; le dernier de ces deux fluides ſe tiendroit beaucoup plus bas que l'eau du vaſe, & l'autre s'éléveroit un peu au-deſſus.

Lorſqu'on ſe ſert d'une veſſie un peu groſſe, on peut remarquer que la compreſſion qu'elle éprouve, n'eſt point égale de toutes parts, & qu'elle eſt plus preſſée de bas en-haut que latéralement; car ſa figure change, & elle eſt un peu écraſée. Quoique la réfraction de la lumiere change l'image de l'objet en pareil cas, on ne pourra diſconvenir qu'il y ait quelque réalité dans cette apparence, ſi l'on fait attention que les colonnes d'eau qui répondent à la partie inférieure de la veſſie, ſont plus longues & plus péſantes, que celles qui entourent ſes côtés, & que la fléxibilité de ce corps plongé le met en état de ſe prêter à ces différences.

EXPLICATIONS.

Tous les animaux qui appartiennent à la terre, vivent ou dans l'air, ou dans l'eau; par conſéquent chacun d'eux eſt expoſé à la preſſion d'un fluide qui l'environne de toutes parts, & dont la charge eſt conſidérable, eu égard à ſa hauteur. Une colomne de l'atmoſphere équivaut, comme nous l'avons vû précédemment, à une colomne d'eau de même baſe qui auroit 32 pieds de haut. Si c'eſt ſeulement un cylindre d'un pouce de diamétre, le poids en eſt aſſez conſidérable; mais combien compteroit-on de baſes ſemblables, ou de cercles d'un pouce de largeur ſur la ſurface entiere d'un homme? En appliquant le calcul à cette conſidération, on trouve qu'une perſonne de moyenne taille répond à une maſſe d'air qui excéde le poids de 20000.

Mais un poiſſon au fond d'une riviere ou d'un lac, ſupporte non-ſeulement la preſſion de l'air, comme les animaux terreſtres, mais encore celle de l'eau, de ſorte que s'il eſt à

32 pieds de profondeur, il eſt chargé de deux fois le poids de l'atmoſphere. Quelle preſſion ſe feroit-il donc ſur un animal qui vivroit au fond de la mer?

Ces poids énormes appliqués continuellement à la ſurface des corps, ne les détruiſent pas cependant, parce que, comme la veſſie de notre expérience, ils ſont ſoutenus intérieurement par le même fluide qui les environne. Nous reſpirons le même air qui nous comprime au-dehors: & les poiſſons ſont dans le même cas à l'égard de l'eau; car s'ils reſpirent de l'air avec l'eau, cet air avant qu'il paſſe dans leur corps, eſt en équilibre par ſon reſſort, avec la preſſion du fluide dont il eſt chargé. Le mouvement de la poitrine au tems de la reſpiration, n'eſt libre qu'autant qu'il y a équilibre entre l'air extérieur, & celui du dedans; tout accident qui rendroit celui-ci plus foible ou plus fort, feroit auſſi qu'on reſpireroit avec difficulté.

Non-ſeulement la preſſion extérieure des fluides ne détruit pas les corps ſur leſquels elle agit; mais elle

les conſerve au contraire dans leur forme naturelle à cauſe de ſon égalité ; elle contribue ſouvent à la cohérence de leurs parties, & elle arrête dans pluſieurs les progrès de la fermentation ou de la corruption qui tend à les diſſiper. Nous en pouvons trouver des preuves, ſans ſortir du genre animal. Lorſqu'on applique la ventouſe, opération ſouvent plus douloureuſe que ſalutaire, & qui n'eſt plus guéres d'uſage en France, il s'éléve une tumeur à la partie charnue du corps ſur laquelle on fait ceſſer la preſſion de l'air, en y appliquant une petite pompe, ou une petite cloche de verre, dans laquelle on allume un peu d'étoupes pour raréfier l'air. Cette élévation de la peau eſt cauſée par l'affluence du ſang & des autres fluides, qui étant plus comprimés par tout ailleurs, ſe portent à l'endroit où la preſſion eſt moindre.

C'eſt encore par une ſuſpenſion du poids de l'air à peu près ſemblable, que les animaux nouveaux-nés tirent le lait des mammelles de leurs nourrices ; toute la partie où la nature

a raſſemblé cet aliment liquide, étant comprimée comme le reſte du corps, excepté l'endroit qui eſt ſuccé, il ſe fait un écoulement, comme il arriveroit, ſi le mammelon reſtant expoſé à la preſſion de l'air, le reſte étoit plus comprimé que de coutume. Il eſt donc évident par ces exemples, que la preſſion égale des fluides ambians, & la réſiſtance qu'ils font intérieurement, contient les corps dans leur état naturel, & qu'elle eſt néceſſaire pour cet effet.

Il eſt à préſumer cependant que l'équilibre des deux preſſions tant intérieure qu'externe, ne ſuffiroit pas toujours pour conſerver l'œconomie animale en ſon entier. Il y auroit ſans doute tel degré de compreſſion qui la dérangeroit. Suppoſons, par exemple, que la veſſie de notre expérience, au lieu d'être une membrane mince & ſolide, ſoit un tiſſu lâche & ſpongieux, il eſt certain qu'étant plongé fort avant dans l'eau, ſon épaiſſeur ſeroit fort preſſée de part & d'autre, que ſes fibres ſe rapprocheroient, & que l'ordre en ſeroit changé. De même un animal qui eſt

à ſon aiſe dans ſon élément naturel, y ſouffriroit, ſi la preſſion à laquelle il eſt accoutumé venoit à s'augmenter conſidérablement, quoiqu'elle s'accrût également tant au-dedans qu'au dehors.

Ne ſeroit-ce point là la principale raiſon qui empêche les plongeurs de reſter aſſez long-tems ſous l'eau, à de grandes profondeurs ? Car on les y deſcend dans une grande cloche pleine d'air, que l'on a même trouvé le moyen de renouveller, depuis qu'on s'eſt apperçu que cela étoit néceſſaire pour reſpirer ſans danger & librement. Cependant malgré toutes les précautions qu'on a pû prendre juſqu'à préſent, il paroît qu'un homme qui s'expoſe dans cette machine, s'y trouve preſque toujours dans un état violent, & ſouvent on l'en a vû ſortir les yeux fort gros, & perdant du ſang par le nés ou par les oreilles, de maniere que cette invention éprouvée en différens pays, & de bien des façons, n'a point encore eu de grands ſuccès. C'eſt qu'il ne ſuffit pas de procurer au plongeur un air nouveau ; il faudroit que cet air ne diffé-

rât pas beaucoup de ſa denſité ordinaire ; & c'eſt ce qui ne paroît point praticable ſous un volume d'eau conſidérable , dont il doit néceſſairement ſupporter la preſſion. La plus belle épreuve de ce genre qui ait été faite , eſt celle de M. Halley , qui reſta ſous l'eau plus d'une heure , ſans en être incommodé ; mais ſa cloche ne fut plongée qu'à une profondeur d'environ 54 pieds de France , ce qui ne ſeroit pas ſuffiſant dans bien des occaſions ; d'ailleurs elle étoit fort grande , & ſi cette condition étoit néceſſaire pour le ſuccès qu'elle eut , comme on le peut croire , on ne pourroit s'en ſervir que rarement , & dans des cas d'une grande importance , à cauſe des grands frais & des embarras qu'on ne peut éviter dans l'uſage d'une telle machine.

II. Proposition.

Si le corps plongé eſt plus péſant que le volume de liqueur qu'il a déplacé , ſa péſanteur reſpective le fait tomber au fond du vaſe , s'il eſt libre de lui obéir.

II. EXPERIENCE.

PREPARATION.

L'inſtrument repréſenté par la *Fig.* 2. eſt une balance hydroſtatique, qui a pour baſe une caiſſe doublée de plomb. Les trois vaiſſeaux de verre *A*, *B*, *C*, ſe montent à vis ſur leurs pieds qui ſont creux, & qui communiquent avec un canal caché ſous le couvercle de la caiſſe. Ce canal eſt garni de quatre robinets, ſçavoir, deux à ſes extrémités, dont on voit les clefs en *D* & en *E*; & deux autres en *F* & *G*. Ces deux derniers ouvrent des communications entre les trois vaſes, de ſorte que celui du milieu étant rempli d'eau ou de quelqu'autre liqueur, ceux des côtés enſemble, ou l'un ſans l'autre, peuvent s'emplir par le fond; les deux robinets *D*, *E*, ſervent à évacuer dans la caiſſe, les vaſes des côtés, & même celui du milieu, ſi les communications ſont ouvertes. Le chapiteau du grand vaſe porte un fleau de balance avec deux petits baſſins qui peuvent s'ôter quand il le faut, & ſous leſ-

quels ſont deux petits crochets tournans *h*, *k*, auſquels on ſuſpend les corps qu'on veut péſer, dans les vaſes des côtés auſquels ils répondent.

Cet inſtrument aſſorti de toutes les pieces qui en dépendent, s'employe commodément & ſans cauſer aucunes ſaletés, pour faire toutes les expériences qui ont rapport à cette derniere partie de l'hydroſtatique. Mais pour ne point répeter pluſieurs fois la même figure, nous ne rapporterons pour chaque expérience que les choſes néceſſaires au fait dont il ſera queſtion, en ſuppoſant le reſte comme nous venons de le décrire.

Pour la preuve de notre ſeconde Propoſition, le vaſe *B* étant preſque plein d'eau, on y fait plonger une bille d'yvoire, ſuſpendue par un fil au bras de la balance. Voyez la *Figure* 3.

Effets.

1°. Si l'on ne met rien dans le baſſin oppoſé à celui qui tient la bille ſuſpendue, cette bille ne manque pas de tomber au fond du vaſe.

2°. Si l'on charge le baſſin oppoſé

pour tenir la bille en équilibre dans l'eau, le poids que l'on employe eſt toujours beaucoup moindre que celui de la bille péſée dans l'air.

EXPLICATIONS.

La bille d'yvoire de notre expérience, tient la place d'un volume d'eau, qui, s'il y étoit, ſeroit parfaitement en équilibre avec toutes les parties ſemblables de la même maſſe fluide, ſelon la quatriéme propoſition de la premiere Section; ce volume ne pourroit ni déplacer par ſon poids celui de deſſous, ni être déplacé par celui de deſſus, parce que celui-ci n'auroit pas plus de force que lui pour aller au fond, & que celui-là en auroit autant que lui pour réſiſter à ſa chûte; mais lorſqu'en ſa place il y a un corps plus denſe ou plus péſant, le volume d'eau qui eſt deſſous doit céder, non pas à tout ſon poids, mais à l'excès qu'il a ſur lui; c'eſt pourquoi, pour empêcher la bille plongée de tomber au fond, il n'eſt pas beſoin de mettre dans le baſſin oppoſé un poids qui ſoit égal au ſien, mais ſeulement une quantité

qui égale celle dont l'yvoire ſurpaſſe un pareil volume d'eau.

Il ne faut pas s'imaginer qu'un corps qui s'enfonce ſous l'eau, augmente en poids par l'accroiſſement de la colomne qu'il laiſſe au-deſſus de lui. Car le poids de cette colomne eſt toujours contrebalancé par la réſiſtance de celle qui eſt deſſous, & cette réſiſtance eſt ſoutenue par la preſſion des colomnes voiſines, qui égalent en hauteur celle qui péſe ſur le corps plongé. Celui-ci eſt donc toujours en équilibre, eu égard aux deux preſſions de deſſus & de deſſous; & s'il tombe, ce n'eſt que parce qu'il a, par une plus grande quantité de matiere, la force de déplacer continuellement une quantité de liqueur, qui ne lui eſt égale qu'en volume.

L'accélération qu'on remarque dans la chûte des graves, ne peut donc pas être attribuée comme l'ont prétendu quelques Philoſophes, au fluide dont la hauteur s'augmente au-deſſus d'eux, à meſure qu'ils tombent; d'ailleurs cet accroiſſement de hauteur de la part du fluide, ne ré-

pond point aux progrès de l'accélération des corps qui obéiſſent à leur péſanteur, ni à la nature de la gravité, qui affecte les corps en raiſon de leur maſſe, & non en raiſon de leur volume.

CONSEQUENCE.

Il ſuit de la propoſition que nous venons de prouver, qu'un corps tel qu'il ſoit, ne tombe ou ne tend jamais à tomber avec toute l'intenſité de ſa péſanteur abſolue ; car en quelque lieu que ſe faſſe ſa chûte, il eſt toujours plongé dans un milieu matériel, dont il déplace un volume ſemblable au ſien ; ainſi, comme à la bille de notre expérience, il ne lui reſte, pour ſe porter de haut en bas, que ſa péſanteur reſpective : les gouttes de pluye, les grains de greſle, les floccons de neige, ne deſcendent vers la ſurface de la terre, qu'autant qu'ils excédent en péſanteur la quantité d'air dont ils occupent la place. Comme l'air eſt un fluide fort léger, la péſanteur reſpective des corps qu'il environne de toutes parts, différe bien peu de leur péſanteur ab-

ſolue ; on en apperçoit cependant la différence lorſqu'on péſe un même corps ſucceſſivement dans l'air & dans le vuide, comme dans l'expérience ſuivante.

III. EXPERIENCE.

Preparation.

Il faut diſpoſer dans un large récipient une balance fort exacte & fort mobile, de maniere qu'on puiſſe élever le fleau en tirant la tige 1. *Fig.* 3. Avant que de faire le vuide, il faut avoir mis en équilibre une petite balle de plomb d'une part, & de l'autre une groſſe boule creuſe de papier ; & avoir ſoin que ces deux corps ne poſent ſur rien d'humide ou de gras qui puiſſe empêcher les effets naturels de la péſanteur, quand on léve la balance.

Effets.

La boule de papier qui étoit bien en équilibre dans l'air avec le plomb, ſe trouve plus péſante que lui dans le vuide.

Explication.

EXPLICATION.

La boule de papier dans l'air, n'a que ſa péſanteur reſpective à oppoſer au plomb : dans le vuide elle jouit de ſa péſanteur abſolue, n'étant ſoutenue ſenſiblement par aucun fluide. Or la péſanteur abſolue eſt toujours plus grande que la péſanteur reſpective, puiſque celle-ci n'eſt qu'un reſtant de celle-là. On peut répondre que le plomb dans le vuide revient auſſi à ſa péſanteur abſolue; mais on verra bientôt (& l'on pourroit déja l'entrevoir) que quand les volumes en équilibre différent entre eux, comme ceux que nous avons employés, ce qu'ils reprennent de leur péſanteur quand ils ceſſent d'être plongés, n'eſt point égal de part & d'autre.

APPLICATIONS.

Si l'immerſion réduit les corps à une péſanteur reſpective toujours moindre que leur péſanteur abſolue, les forces qui les ſoutiennent n'ont plus beſoin d'être auſſi grandes qu'elles devroient l'être, s'ils n'étoient point plongés. Auſſi s'apperçoit-on

bien de cette différence, lorſqu'on tire hors de l'eau quelque maſſe d'un volume un peu conſidérable. Les pêcheurs qui ont fait un bon coup de filet, ne craignent de le rompre que quand ils l'enlévent de l'eau dans l'air; on ſauve ſans peine une perſonne qui eſt en danger de ſe noyer, quand on peut la ſaiſir par la partie la plus fragile de ſes vêtemens; pareil ſecours ne ſuffiroit pas à quelqu'un qui ſeroit prêt de tomber par une fenêtre: c'eſt qu'un homme dans l'eau, n'a quelquefois pas une livre ou deux de péſanteur reſpective, & qu'il en a aſſez ſouvent plus de 130 dans l'air.

III. PROPOSITION.

Ce qu'un ſolide plongé perd de ſon poids, eſt égal à celui du volume de liqueur déplacé.

Nous avons vû par les preuves de la propoſition précédente, qu'un corps plongé perd une partie de ſon poids pendant l'immerſion; par celle-ci nous voulons faire connoître quelle eſt cette quantité de ſon poids qui lui manque tant qu'il eſt plongé; & ſelon notre énoncé, ſi le volume de

liqueur déplacé péſe deux onces, & que le corps plongé en péſe quatre, celui-ci perd la moitié de ſon poids, & la force qu'on employera, pour l'empêcher de tomber au fond du vaſe, n'aura plus que deux onces à ſoutenir.

IV. EXPERIENCE.

PREPARATION.

L, *Fig.* 2. eſt un petit cylindre ſolide de métal, capable de remplir exactement le petit vaiſſeau *M* ſous lequel il eſt ſuſpendu. On attache le tout, & on le met en équilibre avec le poids *N* au fleau de la balance, & l'on fait venir de l'eau dans le vaſe *A* juſqu'à ce que le petit cylindre ſoit entiérement plongé.

EFFETS.

Par l'immerſion du corps *L*, le poids *N* devient trop péſant, l'équilibre ceſſe; mais il ſe rétablit, dès qu'on emplit d'eau le petit vaſe *M*.

EXPLICATIONS.

Le petit cylindre, dès qu'il eſt

plongé, devient trop léger, parce que l'immerſion lui ôte une partie de ſon poids ; mais comme cette quantité qui lui manque eſt égale en péſanteur au volume d'eau déplacé, l'équilibre ſe rétablit lorſqu'on charge le bras de la balance, d'une quantité d'eau qui a la même grandeur que le corps plongé. Cette propoſition que nous venons de prouver, a pluſieurs conſéquences que nous allons déduire.

Premiere Consequence.

Puiſque le volume de liqueur déplacé, meſure la quantité que le corps plongé perd de ſon poids, il s'enſuit, qu'à quantités égales de matiere, plus les corps ſont grands, plus ils perdent de leur poids par l'immerſion. Une livre d'yvoire ſeroit donc plus ſoutenue dans l'eau qu'une livre de marbre, la péſanteur reſpective ſeroit différente de part & d'autre, quoique ces deux matieres fuſſent plongées dans le même fluide.

V. EXPERIENCE.

Preparation.

Mettez en équilibre aux bras de la balance une bille d'yvoire, & une balle de plomb, & faites venir l'eau dans les deux vaſes auſquels répondent ces deux corps. *Fig.* 4.

Effets.

Dès qu'il y a aſſez d'eau dans les vaſes pour plonger les deux balles, le fleau de la balance ne peut plus demeurer dans une ſituation horizontale, le plomb emporte l'yvoire.

Explication.

Chacun de ces deux corps perd une partie de ſon poids dans l'eau, mais ces quantités perdues ſont inégales entre elles; car elles ſont proportionnelles aux volumes d'eau déplacés, & le plomb en déplace moins que l'yvoire; celui-ci perd donc plus que l'autre de ſa premiere péſanteur, ce qui rompt l'équilibre.

Applications.

Le plomb, le fer fondu, le cuivre ſont les matiéres dont on ſe ſert communément pour faire des poids de balance. Ces métaux ont pour l'ordinaire beaucoup moins de volume que les corps avec leſquels on les met en équilibre; mais pour faire cet équilibre dans l'air où l'on péſe toutes les marchandiſes, il faut ſuppléer par une plus grande quantité, à l'inégalité de la perte que font deux corps péſés dans le même fluide, quand leurs grandeurs ſont inégales; ainſi le marchand donne plus d'une livre de plume, quand il la péſe contre une livre de plomb : car ces deux matiéres dans l'air n'ont que leur péſanteur reſpective, c'eſt-à-dire, que ce fluide leur ôte une partie de leur péſanteur abſolue, & il en ôte plus à celle des deux qui a le plus de volume; de ſorte que ſi l'on rapportoit la balance toute chargée dans le vuide, il faudroit néceſſairement ôter de la plume, pour conſerver l'équilibre. Il y a donc à gagner pour le marchand, s'il réduit au plus petit volu-

me qu'il eſt poſſible, ce qu'il vend au poids ; & ſi les matiéres précieuſes, comme le diamant, ſe péſoient ſous des volumes qui valuſſent la peine d'y faire attention, on gagneroit plus à les vendre au poids de fer, qu'au poids d'or ou de plomb, ſur-tout lorſque l'air dans lequel ſeroit la balance deviendroit plus denſe.

II. CONSEQUENCE.

Il ſuit encore de la troiſiéme propoſition, que plus le volume de liqueur déplacé eſt matériel, plus le corps plongé eſt ſoutenu ; ainſi la péſanteur reſpective d'un même corps après l'immerſion, doit être d'autant plus grande, que la liqueur a moins de denſité.

VI. EXPERIENCE.

PREPARATION.

On tient en équilibre aux bras de la balance deux billes d'yvoire bien égales en groſſeur ; on emplit d'eau les deux vaſes auſquels elles répondent ; enſuite l'un des deux ayant été vuidé, on ſubſtitue à l'eau qu'il con-

tenoit, de l'eau de vie ou de l'eſprit de vin, *Fig.* 5.

EFFETS.

1°. Tant que les deux vaſes ſont pleins du même fluide, (d'air, ou d'eau,) l'équilibre ſubſiſte entre les deux billes plongées.

2°. Lorſque l'une des deux billes plonge dans l'eau, & l'autre dans l'eſprit de vin, ou dans l'eau de vie, celle-ci emporte la premiére.

EXPLICATIONS.

Les volumes de liqueurs déplacés étant meſurés par des corps d'égales grandeurs, & ces volumes étant pris dans la même liqueur, ils ſont parfaitement ſemblables entre eux, eû égard à leurs quantités de matiére, & par conſéquent ils réſiſtent également aux corps plongés qu'ils ont à ſoutenir; & comme d'ailleurs ces deux billes ont des péſanteurs abſolues fort égales entre elles, leur immerſion dans la même eau ôte des quantités égales à des quantités égales, les reſtans ſont égaux, & l'équilibre ſubſiſte.

Mais

Mais quand l'une des deux billes eſt plongée dans une liqueur moins denſe que l'eau, elle eſt moins ſoutenue, elle perd moins de ſon premier poids, ſa péſanteur reſpective eſt plus grande, elle l'emporte ſur l'autre.

III. CONSEQUENCE.

Comme la denſité eſt plus ou moins grande, non-ſeulement dans différens fluides, mais qu'elle peut auſſi varier dans le même par le froid, par le chaud, ou autrement, & que les ſolides que l'on plonge, ſont ſuſceptibles des mêmes variations, il peut arriver que la péſanteur reſpective d'un même corps varie, quoique dans la même liqueur.

VII. EXPERIENCE.

PREPARATION.

La *Fig.* 6. repréſente une petite phiole de verre pleine d'eſprit de vin, & dans laquelle on a enfermé une petite figure d'émail, qui ſe tient pour l'ordinaire en-haut, parce qu'elle eſt plus légére qu'un pareil volume de la liqueur dans laquelle elle

eſt : la phiole aboutit à un bain-marie qu'on fait chauffer, par le moyen d'une petite lampe qu'on allume deſſous.

EFFETS.

Quand l'eſprit de vin a reçû un certain degré de chaleur, on voit deſcendre la petite figure au fond de la phiole, & elle remonte lorſque la liqueur eſt refroidie.

EXPLICATION.

La chaleur dilate tous les corps, comme nous le ferons voir en parlant de l'action du feu. L'eſprit de vin que l'on a chauffé, eſt donc moins denſe qu'il n'étoit étant plus froid. Mais ſi la maſſe totale de cette liqueur occupe un plus grand eſpace qu'auparavant, il faut que ſes parties ſoient plus rares, plus écartées les unes des autres; en un mot, il y en a moins dans le volume meſuré par la figure d'émail ; & par conſéquent il n'eſt plus capable de la ſoutenir, elle va au fond de la phiole, & elle y demeure, tant que les choſes ſont en cet état; mais lorſque l'eſprit de vin ſe refroi-

dit, ſes parties ſe rapprochent, ſe condenſent, & le volume qui répond à la petite figure, augmentant de matiére, & de poids par conſéquent, devient en état de la ſoutenir & de la ſoulever. Il eſt vrai que la même chaleur qui dilate la liqueur, dilate auſſi la figure d'émail; mais elle la dilate moins, & cela ſuffit pour faire naître les effets que nous venons d'expliquer.

VIII. EXPERIENCE.

PREPARATION.

Le vaiſſeau repréſenté par la *Fig.* 7. eſt une eſpéce de bouteille longue de verre, élevée ſur une patte de même matiére; elle eſt remplie d'eau, & ſi l'on veut qu'elle ne ſe géle point l'hyver, on y peut mettre un tiers d'eſprit de vin. On la bouche avec un morceau de veſſie mouillée, que l'on étend ſur l'orifice, & que l'on arrête autour du col avec un fil. Dans cette bouteille, eſt une petite figure creuſe d'émail, plus légére que la liqueur, & au pied de laquelle on a pratiqué un petit trou, comme pour paſſer une épingle.

Effets.

1°. Lorſqu'on appuye avec le bout du doigt ſur la veſſie, la petite figure deſcend au fond de la bouteille, & y demeure tant que la même preſſion ſubſiſte.

2°. Si l'on appuye moins fort, ou que l'on ceſſe d'appuyer, elle remonte auſſi-tôt.

3°. Si l'on modére la preſſion lorſqu'elle eſt en chemin pour deſcendre, elle ſe tient à tel endroit que l'on veut.

4°. Si l'on preſſe la veſſie, comme par ſecouſſes, la petite figure pirouette ſur elle-même.

Ces effets ſont les mêmes quand on renverſe la bouteille, & que la preſſion ſe fait de bas-en-haut; ainſi l'on peut donner à cette expérience un air de myſtére, en arrangeant pluſieurs tuyaux dans un chaſſis, & en faiſant la preſſion néceſſaire ſur leurs orifices, d'une maniére cachée aux yeux des ſpectateurs, ſoit par des leviers de renvoi, ſoit par des cordons cachés dans l'épaiſſeur des bois, ou autrement. Voyez la *Fig.* 8.

EXPLICATIONS.

Les liqueurs, ou ne ſe compriment point, ou ne ſe compriment que très-difficilement, comme nous l'avons enſeigné dans la ſeconde leçon. L'air au contraire eſt un fluide flexible, & que l'on peut comprimer avec beaucoup de facilité ; c'eſt ce que nous prouverons ailleurs. La petite figure creuſe d'émail eſt remplie d'air, & elle eſt plongée dans l'eau. Elle eſt donc pleine d'une matiére compreſſible, & environnée d'une autre qui ne l'eſt point. Quand on appuye avec le doigt ſur la veſſie, on preſſe toute la maſſe de l'eau qui eſt dans la bouteille, la colomne qui répond au petit trou dont nous avons parlé, ne pouvant rentrer ſur elle-même à cauſe de ſon inflexibilité, porte tout l'effort qu'elle reçoit de la preſſion, contre l'air qui eſt dans la figure ; & comme ce fluide ſe laiſſe comprimer & reſſerrer dans un moindre eſpace, il céde à l'eau une partie de celui qu'il occupe ; alors la figure d'émail eſt plus péſante qu'elle n'étoit, car on doit la conſidérer comme un com-

poſé d'émail, d'air plus condenſé, & d'un peu d'eau qu'elle a reçue. Si le tout enſemble eſt plus péſant que le volume d'eau correſpondant, il va au fond ; il remonte au contraire quand il eſt plus léger, c'eſt-à-dire, quand une moindre preſſion pouſſe moins d'eau dans la figure, ou qu'on laiſſe à l'air comprimé la liberté de repouſſer par ſon reſſort celle qui eſt entrée : & l'on conçoit aiſément qu'en ménageant cette preſſion du doigt, on retient dans la figure une quantité d'eau, telle que le tout enſemble eſt en équilibre dans la maſſe. Enfin comme le petit trou par où l'eau peut entrer ou ſortir, eſt pratiqué à l'une des deux jambes, c'eſt-à-dire, ſur le côté de ce petit corps plongé, ſi le fluide qui y paſſe, eſt pouſſé ou repouſſé avec une grande vîteſſe, l'impulſion oblique doit faire tourner la figure ſur elle-même ; car étant ainſi ſuſpendue dans l'eau, c'eſt comme ſi elle étoit mobile ſur deux pivots, ou ſur un axe.

Cette figure devient donc tantôt plus légére, tantôt plus péſante, que la liqueur où elle eſt plongée, non

parce que le volume d'eau correſpondant change de denſité ou de grandeur, mais parce que le corps plongé devient lui-même alternativement plus denſe & plus léger de matiére, ſans changer de volume.

APPLICATIONS.

Comme de tous les animaux qui reſpirent l'air, les uns ſe tiennent à la ſurface de la terre, pendant que d'autres s'élévent dans l'atmoſphére, & s'y meuvent à leur gré ; de même parmi ceux qui habitent les eaux il y en a quantité d'eſpéces qui ne quittent guéres le fond, & beaucoup d'autres au contraire qui s'élévent de bas en-haut, & qui deſcendent avec une égale facilité, quand leurs beſoins l'exigent. On trouve dans la plûpart de ces derniers une double veſſie remplie d'air, qui porte à croire que le poiſſon, à l'aide de ce fluide à reſſort, augmente ou diminue le volume de ſon corps, quand il veut ou s'élever, ou deſcendre ; car après ce qui a été dit ci-deſſus, on conçoit bien que l'animal augmentant en grandeur, ſans augmenter de

matiére, peut devenir plus léger que le volume d'eau auquel il répond actuellement : & qu'au contraire s'il diminue ſon propre volume, il déplace moins d'eau, & qu'il peut ſe rendre de cette maniére, plus péſant que le fluide qui s'oppoſe à ſa chûte.

Ce qui rend cette explication encore plus vraiſemblable, c'eſt que ſi l'on dilate l'air de la double veſſie, en mettant le poiſſon dans le vuide ; tant que cet état dure, il fait de vains efforts pour aller ou pour reſter au fond de l'eau, il ſurnage malgré lui : & il éprouve un effet tout contraire, lorſqu'on l'a privé de cet air intérieur, ſoit en crevant la double veſſie, ſoit en la vuidant en partie.

Les animaux qui ſe noyent, vont d'abord au fond de l'eau, parce qu'ils ſont plus péſans qu'elle ; mais quelque tems après on les voit reparoître à la ſurface, & communément ces apparitions recommencent pluſieurs fois. C'eſt que ces cadavres deviennent alternativement plus péſans & plus légers que le volume d'eau auquel ils répondent. L'animal ſuffoqué au fond d'une riviére ſe corrompt en peu de

jours : la corruption n'eſt qu'un déplacement de parties, & lorſqu'il ſe fait un mouvement général dans les parties d'un tout, ſon volume augmente. Un tel corps ſurnage donc, parce que, ſans avoir plus de matiére, il a plus de grandeur, & qu'il répond à un volume d'eau plus péſant que lui. C'eſt une choſe qui ne peut être ignorée de ceux qui ont eu occaſion de voir ces corps qui reviennent ainſi ſur l'eau. On a dû remarquer qu'ils ſont toujours gonflés & tendus comme des ballons ; mais s'ils reſtent quelque tems ainſi entre l'eau & l'air, la corruption augmente, il ſe fait des diſſolutions & des évacuations, qui donnent lieu aux parties les plus ſolides de s'affaiſſer & de ſe rapprocher, le volume total diminue, & répond à une moindre quantité d'eau qui n'eſt plus en état de le ſoutenir ; & ſi après cette nouvelle immerſion, quelqu'autre fermentation vient encore à gonfler le cadavre aſſez conſidérablement, on le voit reparoître de nouveau.

Un corps quelconque n'a pas beſoin que ſon propre volume ſoit aug-

menté pour ſurnager, il ſuffit qu'il ſoit uni à quelque autre matiére plus légére que le fluide où il eſt plongé, & que le tout enſemble péſe moins que le volume correſpondant. Les gens qui apprennent à nager ſe garniſſent le corps de veſſies pleines d'air, ou de calebaſſes. Ces volumes auxiliaires les mettent en état de ſe ſoutenir plus facilement ſur l'eau; mais avec ces ſortes de précautions, les maladroits courent encore beaucoup de riſques; car pour ſe noyer il ſuffit d'avoir la bouche & le nés dans l'eau, & celui qui ne ſçauroit pas ſe tenir toujours dans une ſituation propre à lui laiſſer reſpirer l'air, périroit avant même que d'aller à fond.

Si, pour nager à l'impromptu, les autres animaux ont quelque avantage ſur l'homme, je ne penſe pas qu'ils en ſoient redevables, comme on le dit quelquefois, à l'ignorance du danger ou au défaut de réflexion. Quand un cheval, un bœuf, un chien ſe trouve à la nage malgré lui, de quelque maniére qu'il juge de ſa ſituation, j'ai peine à me perſuader qu'il n'en ſente point le péril. Je lui vois faire tout

ce qu'un homme voudroit imiter en pareil cas, & quand il a pris terre, il donne des ſignes de joie, & ſe comporte avec des précautions qui prouvent aſſez la peur qu'il a eue. Mais ce qui fait qu'un quadrupéde ſe ſauve plus facilement à la nage, c'eſt, je penſe, que ſon poids qui tend à l'enfoncer, ne change rien à ſa poſture naturelle, & que quand le reſte du corps ſeroit entiérement plongé à fleur d'eau, ſa tête ſe trouve encore hors de l'eau ſans un grand effort. Il n'en eſt pas de même d'un homme; l'endroit le plus péſant, ce qui ſe plonge le premier, eſt vers la tête, & quand il nage aſſez pour ne point aller à fond, il a encore des ſoins à prendre, & des efforts à faire, pour éviter d'avoir le viſage dans l'eau: auſſi les nageurs ſont-ils plus à leur aiſe ſur le dos qu'autrement.

Cette explication dont je fais uſage depuis neuf ans dans mes leçons publiques, me paroît d'autant plus probable, qu'elle ſe trouve aſſez conforme à celle d'un Sçavant qui n'a point été à portée de m'entendre, & qui eſt trop riche de ſon propre fond

pour être ſoupçonné de s'approprier les penſées des autres. M. Bazin, docteur en Médecine à Strasbourg, digne correſpondant de M. de Reaumur, à l'Académie des Sciences, & l'auteur de pluſieurs ouvrages de Phyſique, qui ont été juſtement applaudis, a fait imprimer en 1741. un volume *in*-8°. dans lequel on trouve une diſſertation fort curieuſe, ſur la différence qu'il y a entre l'homme & les bêtes, par rapport à la facilité de nager. Le Lecteur qui voudra s'inſtruire amplement ſur cette matiére, trouvera dans cet écrit de quoi ſe ſatisfaire.

Si des calebaſſes, ou des veſſies pleines d'air empêchent un homme d'aller à fond, de pareils moyens employés d'une maniére convenable peuvent ſoulever, & amener à la ſurface de l'eau des corps ſubmergés auſquels on les auroit joints. Lorſqu'un navire a échoué ſur le ſable, ou qu'il eſt envaſé, pour le remettre à flot, on y attache, dans le tems de la marée baſſe, de grandes caiſſes très-fortes, & dont les volumes ſont proportionnés au poids du vaiſſeau, & à l'effort qu'on juge néceſſaire pour le déta-

cher. A la marée montante, ſi le volume d'eau qui répond à cet aſſemblage, péſe plus que lui, il ne manque pas de l'enlever, & de le mettre en état d'être tiré à bord.

Quand cette opération doit ſe faire dans des endroits où il n'y a point de marée, c'eſt-à-dire, où la ſurface de l'eau demeure toujours à même hauteur, on emplit d'eau les caiſſes que l'on veut joindre au vaiſſeau, pour les faire enfoncer le plus profondément qu'il eſt poſſible, ſans cependant les ſubmerger, & lorſqu'elles ſont attachées, on les vuide avec des pompes, pour leur rendre la premiére légéreté qu'elles avoient, & qu'elles doivent partager avec le corps engravé ; & ce procédé a le même ſuccès que le premier, ſi l'on a obſervé les proportions néceſſaires.

Le plus difficile de ces ſortes d'opérations, c'eſt de paſſer des cables ſous le vaiſſeau engravé, ſur-tout quand il l'a été long-tems, & que la vaſe s'eſt durcie autour, & s'y eſt conſidérablement accumulée. Cette difficulté a été vaincue en dernier lieu avec beaucoup de courage, &

fort ingénieuſement, par M. Goubert, officier des vaiſſeaux du Roy, qui ſçait joindre à la valeur la plus éprouvée, la ſagacité des plus habiles ingénieurs, & qui eſt enfin venu à bout d'enlever un des vaiſſeaux qui ont péri en 1702, dans la rade de *Vigo* en Eſpagne; entrepriſe qui avoit été tentée inutilement, & à grands frais, par pluſieurs compagnies formées tant en France qu'ailleurs. C'eſt dommage qu'un ſuccès auſſi heureux n'ait valu à M. Goubert que des applaudiſſemens; les eſpérances dont il pouvoit ſe flatter, avoient échoué ſans retour avec le vaiſſeau: On avoit ſans doute eu ſoin d'en ôter les effets à l'aſpect du naufrage; on n'y trouva rien qui pût dédommager les entrepreneurs des grands frais auſquels cet ouvrage les a engagés.

IV. Proposition.

Si le corps ſolide eſt moins péſant qu'un pareil volume de la liqueur dans laquelle il eſt plongé, il ſurnage en partie; ce qui reſte plongé meſure une quantité de liqueur qui péſe autant que le corps entier.

IX. EXPERIENCE.

Preparation.

Le vaſe repréſenté par la *Fig.* 9. eſt de verre, preſque cylindrique, & garni par en-bas d'un robinet ; on y met de l'eau à peu près juſqu'aux deux tiers, où l'on fait une marque ; on y plonge enſuite une boule de cire bien ronde, & preſque auſſi groſſe que le vaiſſeau eſt large ; cette immerſion éléve la ſurface de l'eau ; on en ôte par le robinet, tant que la ſurface ſoit baiſſée juſqu'à la marque où elle étoit en premier lieu ; on retire la boule de cire, on l'eſſuye, & on la péſe contre la quantité d'eau qu'on a tirée du vaſe.

Effets.

La boule & cette quantité d'eau ſe font réciproquement équilibre ; ou ſi cela n'eſt point à la rigueur, il s'en faut de ſi peu de choſe, qu'il eſt aiſé de voir que cette petite différence vient d'un défaut d'exactitude dans le procédé, car il ſuffit pour cela qu'en tirant l'eau du vaſe, il en ſoit ſorti

quelques goutes de plus ou de moins qu'il ne faut.

Explication.

La boule de cire plongée ne s'enfonce point entiérement ſous l'eau, parce qu'elle eſt un peu plus légére; mais la plus grande partie qui reſte plongée, déplace une quantité d'eau qui s'éléve au-deſſus de la marque. Lorſqu'on tire de l'eau par le robinet, juſqu'à ce que la ſurface revienne à cette même marque, on eſt ſûr d'avoir la quantité déplacée par l'immerſion de la boule, & puiſque cette quantité d'eau fait équilibre à la boule entiére, n'eſt-ce pas une preuve, que *la partie plongée meſure une quantité de liqueur qui péſe autant que le corps entier*, comme nous l'avons énoncé dans notre propoſition?

Consequences.

Il ſuit de la propoſition précédente,

1°. Que d'un corps qui ſurnage, la partie plongée eſt d'autant plus petite, que la liqueur eſt plus denſe, ou que le corps plongé eſt moins péſant.

2°. Qu'il

2°. Qu'il y a toujours une partie plongée, lorſque le ſolide qui repoſe ſur la liqueur, a une péſanteur & une épaiſſeur ſenſible. Car s'il eſt péſant, comme on le ſuppoſe, il faut quelque choſe qui lui faſſe équilibre; & ce qui fait cet équilibre, c'eſt le volume de liqueur déplacé, comme nous l'avons prouvé dans la derniére expérience.

X. EXPERIENCE.

PREPARATION.

Dans un petit vaſe long & étroit, qu'on a rempli de quelque liqueur juſqu'aux trois quarts de ſa capacité, *Fig.* 10. on plonge une petite bouteille de verre très-mince, qui a un long col gradué, & qui eſt leſtée au fond avec un peu de mercure, afin qu'elle ſe tienne dans une direction perpendiculaire.

EFFETS.

Cette petite bouteille à long col, qu'on nomme communément *Aræométre*, ou *péſe-liqueurs*, s'enfonce plus ou moins dans le vaſe, ſelon qu'il eſt

rempli d'une liqueur plus ou moins denſe, c'eſt-à-dire, qu'il deſcend plus profondément dans le vin que dans l'eau, & dans l'eau de vie encore plus que dans le vin. Et ſi l'on met au haut de ſa tige quelque petite lame de métal, il s'enfonce plus avant, quoique dans la même liqueur.

Explications.

La partie plongée de l'aræométre ſouléve autant de liqueur qu'il en faut pour faire équilibre à l'inſtrument entier. S'il péſe une once, par exemple, il ſouléve moins d'eau que de vin, quant au volume, parce qu'il faut plus de vin que d'eau pour le poids d'une once, & comme il ne fait monter la liqueur qu'en s'enfonçant, il doit donc plonger plus avant, dans celle qui eſt la plus légére.

Si l'on augmente le poids de l'aræométre, par l'addition de quelque lame de métal ou autrement, il s'enfonce plus avant, quoique dans la même liqueur, parce qu'alors il en faut une plus grande quantité pour lui faire équilibre.

APPLICATIONS.

Puiſque tous les corps qui flottent, comme nous venons de le faire voir par l'expérience de l'aræométre, s'enfoncent plus ou moins, ſelon la denſité du fluide ; une barque chargée en mer aura donc moins de parties hors de l'eau, ſi elle vient à remonter une riviére ; car l'eau ſalée péſe plus que l'eau douce, & les nageurs aſſûrent qu'ils en ſentent bien la différence. On doit donc avoir égard à cet effet, & ne pas rendre la charge auſſi grande qu'elle pourroit l'être, ſi l'on prévoit qu'on doive paſſer par une eau moins chargée de ſel, que celle où l'on s'embarque.

On a vû quelquefois des *iſles flottantes*, c'eſt-à-dire, des portions de terre aſſez conſidérables, qui ſe détachant du continent, & ſe trouvant moins péſantes que l'eau, ſe ſoutiennent à la ſurface, & flottent au gré des vents. L'eau mine peu à peu certains terrains qui ſont plus propres que d'autres à ſe diſſoudre ; ces ſortes d'excavations s'augmentent avec le tems, & s'étendent au loin ; le deſ-

ſus demeure lié par les racines des plantes & des arbres, & le ſol n'eſt ordinairement qu'une terre bitumineuſe, fort légére, de ſorte que cette eſpéce de croute eſt moins péſante que le volume d'eau ſur lequel elle eſt reçûe, quand un accident quelconque vient à la détacher de la terre ferme, & la met à flot.

L'exemple de l'aræométre fait voir encore qu'il n'eſt pas beſoin, pour ſurnager, que le corps flottant ſoit d'une matiére plus légére que l'eau. Car cet inſtrument ne ſe ſoutient point en vertu du verre ou du mercure dont il eſt fait, mais ſeulement parce qu'il a, avec peu de ſolidité, un volume conſidérable qui répond à une quantité d'eau plus péſante. Ainſi l'on pourroit faire des barques de plomb, ou de tout autre métal, qui ne s'enfonceroient pas. Et en effet les chariots d'artillerie portent ſouvent, à la ſuite des armées, des gondoles de cuivre, qui ſervent à établir des ponts, pour le paſſage des troupes.

De la Balance hydroſtatique, & de ſes uſages.

La balance hydroſtatique que nous avons employée pour les expériences précédentes, eſt un inſtrument fort commode pour connoître la péſanteur ſpécifique des fluides & des ſolides, qui peuvent être plongés ſans ſe diſſoudre & ſans changer de volume. Nous ne pouvons pas nous étendre beaucoup ſur ſes uſages, parce que ces ſortes de détails paſſent les bornes que nous nous ſommes preſcrites dans cet ouvrage; ceux qui ſeront curieux de les ſçavoir, pourront lire ce qu'en ont écrit Boyle, & après lui MM. Cotes, Deſaguilliers, s'Graveſande, &c. nous nous contenterons de faire voir que les effets de cette balance ne ſont que des applications des principes établis ci-deſſus, & nous nous bornerons à quelques exemples qui ſuffiront pour le prouver.

PREMIER USAGE.

Connoître la Péſanteur ſpécifique d'une Liqueur.

La péſanteur ſpécifique d'une matiére, c'eſt le poids qu'elle a ſous un volume connu : c'eſt ce qu'on nomme auſſi ſa *denſité*. Un ſolide entiérement plongé déplace un volume de liqueur égal à lui. On aura donc la ſolution du problême, ſi l'on a un moyen de connoître le poids de ce volume déplacé : or la quatriéme expérience nous a appris que ce poids eſt précisément celui que perd le ſolide par ſon immerſion ; ainſi on procédera de la maniére qui ſuit.

Ayez un corps ſolide qui puiſſe ſe plonger ſans changer de volume, & ſans admettre la liqueur dans ſes pores, comme du verre, par exemple ; ce corps peut être ſphérique, cylindrique, cubique, &c. comme l'on veut. Suſpendez-le avec un cheveu, ou un crin, au bras de la balance, pour connoître d'abord ſa péſanteur abſolue ; faites-le enſuite plonger entiérement dans la liqueur, l'équilibre

ſera d'abord rompu par cette immerſion, ce que vous ſerez obligé d'ajouter pour le rétablir, ſera juſtement le poids du volume de liqueur qui a été déplacé par le corps plongé. Si ce corps étoit un cube d'un pouce, & qu'après l'avoir plongé on eût ajouté 4 gros, il faudroit conclure qu'un pouce cube de la liqueur péſe 4 gros, ou une demi-once.

On peut objecter contre l'exactitude de ce procédé, que la gravité de ce cube de verre, péſé en l'air, n'eſt point ſa péſanteur abſolue, puiſque l'air, en qualité de fluide ambiant, lui ôte une partie de ſon poids; mais le plomb qui le tient en équilibre, ſouffre une perte à peu près ſemblable; & l'air eſt ſi léger, que la péſanteur reſpective & la péſanteur abſolue ſont ſenſiblement les mêmes, quand les corps qui y ſont plongés, n'ont que des volumes peu conſidérables.

Mais une attention qu'on ne ſçauroit porter trop loin dans ces ſortes d'expériences, c'eſt que le ſolide plongé, & la liqueur où ſe fait l'immerſion, ne varient point de den-

ſité pendant l'opération. Car ſi celle-ci ſe raréfie ou ſe condenſe, ou bien que le volume de celui-là augmente ou diminue, il en réſultera du mécompte; & il n'eſt que trop poſſible que cela arrive par le chaud, par le froid, & parce qu'on jugera peut-être de l'état d'une liqueur par ſon nom, ſans faire attention que tout ce qui s'appelle eau commune, eſprit-de-vin, &c. n'eſt pas toujours d'une égale denſité.

Pour remédier à une partie de ces inconvéniens, je voudrois qu'au lieu de plonger un corps ſolide de verre, on ſe ſervît d'une boule creuſe, terminée par un tube capillaire, & remplie de mercure comme un thermométre; par ce moyen on pourroit s'aſſurer du dégré de denſité de la liqueur, au moins de celui qui réſulte du froid ou du chaud actuel; & l'on ſeroit sûr en même tems, que le volume du corps plongé n'eſt point changé. Car ſi la température de la liqueur venoit à changer, on en ſeroit averti par l'aſcenſion ou l'abaiſſement du mercure dans le tube capillaire.

II.

II. USAGE.

Comparer les péſanteurs ſpécifiques de deux liqueurs.

Lorſque l'on a connu la péſanteur ſpécifique de l'une des deux, par l'uſage précédent, on répéte l'opération ſur l'autre, & la différence des poids qu'il faut ajouter pour rétablir l'équilibre après l'immerſion, eſt auſſi celle de leurs péſanteurs ſpécifiques.

Dans ces ſortes de comparaiſons il faut bien prendre garde que le dégré de fluidité n'entre pour quelque choſe. Il eſt des liqueurs plus viſqueuſes, plus difficiles à diviſer, dans leſquelles l'immerſion du corps ſolide ſe fait plus difficilement indépendamment de la denſité; quand cela eſt ainſi, il faut avoir recours à quelqu'autre procédé, pour connoître avec exactitude la péſanteur ſpécifique.

III. Usage.

Comparer les gravités ſpécifiques de deux corps ſolides.

Par la cinquiéme expérience nous avons prouvé que des ſolides dont les péſanteurs abſolues ſont égales, en perdent, par l'immerſion, des quantités qui ſont proportionnelles à leurs volumes.

Mettez donc en équilibre dans l'air deux morceaux des matiéres propoſées; faites-les plonger enſuite entiérement dans deux vaſes remplis de la même liqueur. Si leurs volumes ſont égaux, l'équilibre ſubſiſtera, parce que les pertes ſeront égales de part & d'autre; s'ils ſont inégaux, le plus petit emportera l'autre; & ce qu'il faudra ajouter à celui-ci, pour le remettre en équilibre, ſera la différence qu'il y aura entre les gravités ſpécifiques des deux.

Si les corps en queſtion ne ſont point aſſez péſans pour ſe plonger tout-à-fait par leur propre gravité, on pourra y joindre des poids qui ne changeront rien à l'effet, s'ils ſont

parfaitement ſemblables de part & d'autre. Mais il faut bien prendre garde qu'il ne s'attache à la ſurface des corps plongés, des bules d'air, ou quelque choſe de gras, qui empêche la liqueur de s'y appliquer exactement de toutes parts; car leurs volumes alors ſeroient augmentés, & leur péſanteur en paroîtroit d'autant diminuée.

IV. USAGE.

Comparer la gravité ſpécifique d'un corps ſolide, avec celle d'une liqueur.

Quand on a péſé un corps ſolide dans l'air, ce qui lui reſte enſuite de ſon poids lorſqu'il eſt plongé dans la liqueur, eſt la différence qu'il y a entre les péſanteurs ſpécifiques de ce corps, & du volume correſpondant de la liqueur. Si, par exemple, un morceau d'or péſe 19 gros dans l'air, & qu'il n'en péſe plus que 18, étant plongé dans l'eau commune, c'eſt une marque qu'une telle immerſion lui ôte $\frac{1}{19}$ de ſon poids, & que la pé-

ſanteur ſpécifique de l'eau eſt à celle de l'or comme 1 à 19.

Remarques ſur l'aræométre, ou péſe-liqueurs.

L'Aræometre que nous avons repréſenté par la *Fig.* 10. eſt encore un inſtrument avec lequel on peut connoître de deux liqueurs laquelle eſt la plus péſante ; mais ſi l'on veut s'en ſervir pour connoître au juſte le rapport des péſanteurs, il faut le conſtruire & l'employer avec des précautions dont on ſe diſpenſe pour l'ordinaire, & ſans leſquelles cependant on n'en peut rien attendre d'exact.

1°. Il faut que les liqueurs dans leſquelles on plonge l'aræométre, ſoient exactement au même dégré de chaleur ou de froid, afin qu'on puiſſe être sûr que leur différence de denſité ne vient point de l'une de ces deux cauſes, & que le volume de l'aræométre même n'en a reçû aucun changement.

2°. Que le col de l'inſtrument ſur lequel ſont marquées les graduations,

ſoit par-tout d'une groſſeur égale ; car s'il eſt d'une forme irréguliere, les degrés marqués à égales diſtances, ne meſureront pas des volumes de liqueur ſemblables en ſe plongeant ; il ſera plus sûr & plus facile de graduer cette échelle relativement à la forme du col, en chargeant ſucceſſivement l'inſtrument de pluſieurs petits poids bien égaux, dont chacun produira l'enfoncement d'un degré.

3°. On doit avoir ſoin que l'immerſion ſe faſſe bien perpendiculairement à la ſurface de la liqueur, ſans quoi l'obliquité empêcheroit de compter avec juſteſſe le degré d'enfoncement.

4°. Comme l'uſage de cet inſtrument eſt borné à des liqueurs qui différent peu de péſanteur entr'elles, on doit bien prendre garde que la partie qui ſurnage ne ſe charge de quelque vapeur ou ſaleté qui occaſionneroit un mécompte, dans une eſtimation où il s'agit de différences peu conſidérables. Et lorſque l'aræométre paſſe d'une liqueur à l'autre, on doit bien prendre garde que ſa ſurface ne porte aucun enduit

qui empêche que celle où il entre ne s'applique exactement contre ſa ſurface.

5°. Enfin malgré toutes ces précautions, il reſte encore la difficulté de bien juger le degré d'enfoncement, parce que certaines liqueurs s'appliquent mieux que d'autres au verre, & qu'il y en a beaucoup qui lorſqu'elles le touchent, s'élevent plus ou moins au-deſſus de leur niveau.

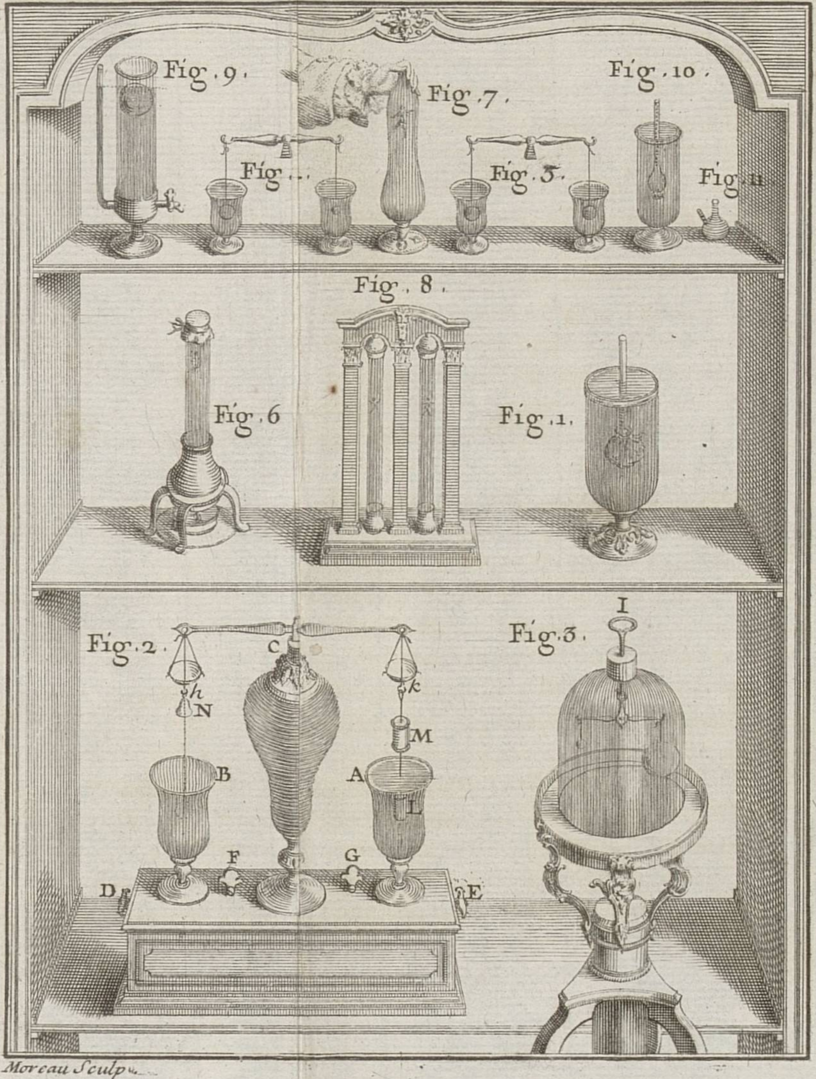
Quand on ſe ſert de l'aræométre dont il eſt ici queſtion, il faut le plonger d'abord dans la liqueur la moins péſante, & remarquer à quelle graduation ſe rencontre ſa ſurface : enſuite il faut le rapporter dans la plus denſe, & charger le haut de la tige ou du col, de poids connus, juſqu'à ce que le degré d'enfoncement ſoit égal au premier. La ſomme des poids qu'on aura ajoutés, pour rendre cette ſeconde immerſion égale à la premiere, ſera la différence des péſanteurs ſpécifiques entre les deux liqueurs.

M. Homberg, & pluſieurs Phyſiciens après lui, ſe ſont ſervis pour

péſer les liqueurs, d'un petit vaiſſeau de verre mince que l'on voit repréſenté dans la *Fig.* 11. on a pratiqué à côté du col un petit tuyau montant, par le moyen duquel on a prétendu emplir la bouteille toujours également, parce qu'il eſt plus facile d'eſtimer la hauteur juſte de la liqueur dans un petit tuyau, que dans le col de l'inſtrument où la ſurface eſt plus étendue. De cette maniere on a compté meſurer toujours des volumes égaux, dont il ſeroit aiſé de connoître la péſanteur en les appliquant à une balance. Mais nous ne pouvons diſſimuler que cette méthode eſt ſujette, comme les autres, à pluſieurs inconvéniens; le plus grand de tous, c'eſt que le petit tuyau montant eſt fort étroit, & que les liqueurs ne s'y mettent point de niveau; la plûpart s'y tiennent plus élevées, comme nous le dirons bientôt, & cet excès n'eſt pas le même pour toutes.

Plusieurs Sçavants ſe ſont donné la peine d'examiner les péſanteurs ſpécifiques d'un grand nombre de matieres, tant ſolides que fluides, &

de les rédiger en tables. On doit aſſurément leur ſçavoir gré de ce travail, & l'on en ſent toute la difficulté quand on penſe aux attentions ſcrupuleuſes, & au tems qu'on eſt obligé de donner à ces ſortes de recherches, lorſqu'elles deviennent néceſſaires ; mais leurs expériences, quelque exactes qu'elles aient été, ne peuvent nous ſervir de régles que comme des à-peu-près. Car les individus de chaque eſpéce, varient entre eux, quant à la denſité ; & l'on ne peut pas dire que deux diamants, deux morceaux de cuivre, deux gouttes de pluye, &c. ſoient parfaitement ſemblables. Ainſi quand il eſt queſtion de ſçavoir au juſte la péſanteur ſpécifique de quelque corps, il faut le mettre lui-même à l'épreuve ; c'eſt le ſeul moyen d'en bien juger. Il y a à la vérité mille occaſions où cette grande exactitude eſt ſuperflue, & alors on peut s'en rapporter aux recherches d'un Phyſicien habile & exact ; c'eſt dans cette vûe que nous avons placé ici une table dreſſée ſur les expériences de M. Muſchenbroek, dont on connoît ſuffiſamment la ſagacité & l'exactitude.



Moreau Sculp.

Les péſanteurs ſpécifiques de toutes les matieres énoncées dans cette table, ſont comparées à celle de l'eau commune; & l'on prend pour eau commune celle de la pluye dans une température moyenne. Ainſi lorſqu'on verra dans la table, eau de pluye . . . 1, 000, or de coupelle 19, 640, air 0, 001 $\frac{1}{4}$, c'eſt-à-dire, que la péſanteur ſpécifique de l'or le plus fin, eſt à celle de l'eau comme 19 $\frac{1}{2}$ à peu près, à 1; & que la gravité de l'air n'eſt preſque que la milliéme partie de celle de l'eau.

Table alphabétique des matiéres les plus connues, tant ſolides que fluides, dont on a éprouvé la péſanteur ſpécifique.

Acier flexible ou non trempé.	7, 738.
Acier trempé.	7, 704.
Agathe d'Angleterre	2, 512.
Air.	0, 001$\frac{1}{4}$.
Albatre.	1, 872.
Alun.	1, 714.
Ambre.	1, 040.
Amiante.	2, 913.
Antimoine d'Allemagne. .	4, 000.

Antimoine d'Hongrie. . . .	4, 700.
Ardoiſe bleue.	3, 500.
Argent de coupelle. . . .	11, 091.
Biſmuth.	9, 700.
Bois de Breſil.	1, 030.
——— Cedre.	0, 613.
——— Orme.	0, 600.
——— Gayac.	1, 337.
——— Ebenne.	1, 177.
——— Erable.	0, 755.
——— Freſne.	0, 845.
——— Bouïs.	1, 030.
Borax.	1, 720.
Caillou.	2, 542.
Camphre.	0, 995.
Charbon de terre.	1, 240.
Cinabre naturel.	7, 300.
——— artificiel.	8, 200.
Cire jaune.	0, 995.
Corail rouge.	2, 689.
—— blanc.	2, 500.
Corne de bœuf.	1, 840.
——— cerf.	1, 875.
Cryſtal de roche.	2, 650.
—— d'Iſlande.	2, 720.
Cuivre de Suede.	8, 784.
——— jetté en moule. . .	8, 000.
Diamant.	3, 400.
Ecailles d'huitres.	2, 092.

Encens.	1, 071.
Eau commune ou de pluye.	1, 000.
—— diſtillée.	0, 993.
—— de riviere.	1, 009.
Eſprit-de-vin rectifié.	0, 866.
—— de térébenthine.	0, 874.
Etain pur.	7, 320.
—— allié d'Angleterre.	7, 471.
Fer.	7, 645.
Gomme arabique.	1, 375.
Grenat de Bohême.	4, 360.
—— de Suede.	3, 978.
Huile de lin.	0, 932.
—— d'olives.	0, 913.
—— de vitriol.	1, 700.
Karabé ou ambre jaune.	1, 065.
Lait de vache.	1, 030.
Litarge d'or.	6, 000.
—— d'argent.	6, 044.
Maganéſe.	3, 530.
Marbre noir d'Italie.	2, 704.
—— blanc d'Italie.	2, 707.
Mercure.	13, 593.
Noix de Galles.	1, 034.
Or d'eſſay ou de coupelle.	19, 640.
——— d'une guinée.	18, 888.
Os de bœuf.	1, 656.
Pierre ſanguine.	4, 360.
—— calaminaire.	5, 000.

Pierre à fuſil opaque.	2,	542.
——— transparente . .	2,	641.
Poix.	1,	150.
Sang humain.	1,	040.
Sapin.	0,	550.
Sel de Glauber.	2,	246.
—— ammoniac.	1,	453.
—— gemme.	2,	143.
—— polycreſte.	2,	148.
Soufre commun.	1,	800.
Talc de Veniſe.	2,	780.
Tartre.	1,	849.
Turquoiſe.	2,	508.
Verd-de-gris.	1,	714.
Verre blanc.	3,	150.
Verre commun.	2,	620.
Vin de Bourgogne.	0,	953.
Vinaigre de vin.	1,	011.
——— diſtillé.	1,	030.
Vitriol d'Angleterre.	1,	880.
Yvoire.	1,	825.

APPENDICE,

Touchant les tuyaux capillaires, & les cauſes immédiates de la fluidité & de la ſolidité des corps.

ARTICLE PREMIER.

Des tuyaux capillaires.

JE place ici ce qu'il importe de ſçavoir touchant les tuyaux capillaires, comme des exceptions aux loix de l'hydroſtatique, qui ont été établies précédemment. Ce n'eſt pas que je penſe qu'il ſoit abſolument impoſſible de rappeller à ces loix générales ce qu'il y a de ſingulier en apparence dans ces ſortes de phénoménes : mais quoique cela ait été tenté pluſieurs fois, & par des Phyſiciens du premier ordre, nous ne diſſimulerons point que le ſuccès en eſt encore douteux, & que ce qu'ils ont dit ſur cette matiere, ne peut être reçû que comme des probabilités, ingénieuſes pour la plûpart, mais

qui laiſſent toujours des difficultés à réſoudre. D'autres peut-être plus heureux dans leurs recherches, trouveront le moyen de concilier avec des principes généralement avoués, ces effets à qui l'on ſeroit tenté d'imaginer des cauſes nouvelles & d'un genre particulier, ſi l'on ne ſçavoit qu'en Phyſique l'imagination n'a pas grand poids, ſi l'expérience ne la ſoutient.

On appelle *tubes*, ou *tuyaux capillaires* ceux qui ſont menus : ils peuvent être faits de verre, ou de toute autre matiére capable de contenir les liqueurs. Ce nom leur vient, ſans doute, de la reſſemblance qu'ils peuvent avoir avec les cheveux, que l'on regarde communément comme de petits canaux creux dans toute leur longueur, & capables de tranſmettre certaines humeurs.

Cette comparaiſon néanmoins ne limite pas la groſſeur des tubes capillaires à celle d'un cheveu ; ceux dont on ſe ſert communément pour les expériences ſont beaucoup moins menus, & les effets qui ſont propres à ces ſortes de tuyaux, ſe laiſſent en-

core appercevoir, quand leur diamétre égale deux lignes, & même deux lignes & demie. Leur forme eſt tout-à-fait indifférente : deux morceaux de glace de miroir, dont les plans s'approchent parallélement à une diſtance convenable, produiſent les mêmes effets qu'une ſuite de petits tuyaux, & tous les corps ſpongieux, ou aſſez poreux, pour admettre les liqueurs, peuvent être auſſi conſidérés comme des aſſemblages de canaux capillaires. Nous allons expoſer dans les expériences qui ſuivent, ce qu'il y a de plus intéreſſant dans cette matiére. On verra dans les préparations les différentes dimenſions que peuvent avoir les tuyaux capillaires, & leurs propriétés ſe connoîtront par les effets réſultans de chaque procédé.

PREMIERE EXPERIENCE.

PREPARATION.

Dans un petit gobelet *A B*, *Fig.* 12. que l'on emplit ſucceſſivement de différentes liqueurs, on plonge le petit tuyau *C D*, dont les deux ex-

trémités ſont ouvertes, & que l'on a attaché ſur une petite bande de carton blanc diviſé ſelon ſa longueur en parties égales.

Effets.

Premiére propriété des tubes capillaires.

Dès que le tube eſt plongé, la liqueur s'éléve vers *D*; & ſi l'on enfonce le tube plus avant dans le gobelet, la liqueur monte d'autant au-deſſus de l'endroit où elle s'étoit fixée d'abord; cet effet eſt général pour toutes les liqueurs; il en faut ſeulement excepter une, dont nous ferons mention ci-après.

II. EXPERIENCE.

Preparation.

On procéde dans cette expérience comme dans la précédente; les liqueurs dont on emplit ſucceſſivement le petit gobelet, ſont l'urine, l'eſprit de vin, l'eſprit de nitre, l'eau ſalée, l'huile de vitriol. Il faut avoir ſoin de faire paſſer de l'eau nette dans le petit tube, à chaque fois que l'on change

change de liqueur, faire enſorte qu'elles ayent toutes la même température, & remarquer à quel dégré chacune s'éléve.

Effets.

Seconde propriété.

Ces liqueurs s'élévent dans le même tube à différentes hauteurs, ſelon l'ordre qui ſuit, en commençant par celles qui montent le plus haut; l'urine, l'huile de vitriol concentrée, l'eau ſalée, l'eſprit de nitre & l'eſprit de vin; ce qui fait voir que les liqueurs ne s'élévent point dans les tubes capillaires, en raiſon renverſée de leur denſité, puiſque l'eſprit de vin, qui eſt le plus léger, eſt celui de tous ces liquides qui s'éléve le moins.

III. EXPERIENCE.

Preparation.

Dans de l'eau colorée on plonge deux tubes de même longueur, mais dont les diamétres intérieurement différent de moitié. *Fig.* 13.

EFFETS.

Troiſiéme propriété.

L'eau s'éléve une fois plus haut, dans celui des deux tubes qui a le diamétre une fois plus petit; & comme cet effet ſuit toujours de même le rapport que les diamétres ont entr'eux, on peut conclure en général que les liqueurs s'élévent dans les tubes capillaires en raiſon inverſe de leur largeur, c'eſt-à-dire, qu'elle y monte d'autant plus haut, qu'ils ſont plus étroits.

IV. EXPERIENCE.

PREPARATION.

Il faut répéter les expériences précédentes, en employant du mercure au lieu des liqueurs dont on s'eſt ſervi, ou bien verſer du mercure dans un ſcyphon renverſé, dont une des branches ſoit capillaire, comme le repréſente la *Fig.* 14.

Effets.

Quatriéme propriété.

On remarquera que le mercure ſe tient toujours plus bas que ſon niveau, & que ſon abaiſſement eſt d'autant plus grand, que le tube eſt plus étroit. Dans le ſcyphon renverſé, par exemple, au lieu de s'élever en *G* dans la branche capillaire, pour être de niveau à celui de l'autre branche, il ſe tient en *H*, & ſe tiendroit encore plus bas, ſi ce tuyau qui le contient étoit d'un diamétre plus petit.

Juſqu'à préſent on ne connoît que le mercure qui ſe comporte ainſi dans les tubes capillaires: il eſt reconnu que toutes les matiéres métalliques, qu'on tiendroit en fuſion, feroient la même choſe; j'en juge par l'étain & le plomb fondus que j'ai mis à l'épreuve.

Explications.

Tous ces faits, comme l'on voit, paroiſſent contraires aux régles ordinaires de l'hydroſtatique, par leſquelles nous avons vû qu'une liqueur ſe met toujours en équilibre avec elle-même, ſoit dans un ſeul & même vaiſſeau, ſoit dans pluſieurs qui com-

muniquent enſemble; que ſi elle obéit à une force qui l'éléve au-deſſus de ſon niveau, elle lui céde proportionnellement à ſa denſité, &c. Ce que l'on voit de différent dans les tubes capillaires, n'eſt connu que depuis un ſiécle tout au plus; cette découverte s'eſt faite dans un tems où l'on penſoit déja que tout ce qui ſe préſente à expliquer en Phyſique, ne peut l'être que par des cauſes méchaniques, & qui ſe préſentent à l'eſprit d'une maniére intelligible; les Phyſiciens les plus habiles ont travaillé en conſéquence; mais le ſuccès a-t-il répondu à leur zéle?

On peut ranger en trois claſſes les différentes opinions qui ont été propoſées ſur cette matiére.

La premiére comprend celles qui attribuent ces phénoménes à la preſſion inégale du fluide environnant, en ſuppoſant qu'il exerce ſon poids plus librement, & d'une maniére plus complette, ſur la ſurface du vaiſſeau *AB*, que par l'orifice ſupérieur du tuyau plongé. *Fig.* 12.

Ce fluide environnant, ſelon quelques-uns, eſt l'air dont les parties ra-

meuſes s'embarraſſent, & ſe meuvent difficilement dans un canal étroit, tandis qu'il agit ſans obſtacle ſur la ſurface du gobelet. Cette penſée eſt tout-à-fait naturelle & ſimple; mais une ſeule expérience la rend preſque inſoutenable : tout ce que les tuyaux capillaires font en plein air, ils le font de même ſous le récipient d'une machine pneumatique où l'on a fait le vuide.

Que reſte-t-il à répondre ? Dira-t-on que le vuide n'eſt jamais parfait ? & que ce qui reſte d'air, après les derniers efforts de la pompe la plus exacte, eſt encore capable de ſoutenir quelques pouces d'eau au-deſſus de ſon niveau ?

On ſent aiſément que la réponſe ne ſatisfait pas à l'objection. Cependant elle n'eſt point abſolument ſans force, tout l'air du récipient ſe raréfie également, ſi la preſſion ſur la ſurface du gobelet diminue, la réſiſtance dans le tuyau décroît auſſi par proportion; & les cauſes de l'inégalité d'action ſubſiſtent. Mais une ſeconde expérience fait voir qu'on ne peut guéres ſoutenir cette inégalité de

preſſion, qui ſuppoſe que l'air n'agit pas librement dans le tuyau. Si cela étoit, il faudroit que la liqueur s'élevât proportionnellement à la longueur du tube; car il eſt certain que ſi l'air y trouvoit de l'embarras, il en éprouveroit davantage dans un plus long que dans un plus court: cependant cela n'arrive point; c'eſt le diamétre du tube qui régle le degré d'élévation, & quand l'eau eſt arrivée au point où elle doit monter, elle ne baiſſe point, quoiqu'on retranche la partie du tuyau qui eſt au-deſſus d'elle.

Ces raiſons ayant fait abandonner l'air groſſier, on s'en eſt pris à un autre fluide plus ſubtil, & tel qu'il ſubſiſte dans les vaiſſeaux où l'on fait le vuide de Boyle. On lui ſuppoſe des parties globuleuſes, & l'on démontre qu'une colomne d'un tel fluide ne remplit jamais bien exactement un tube, & qu'une preſſion dépendante de cette plénitude, doit diminuer à proportion que le tube eſt plus étroit; de-là vient, dit-on, le défaut d'équilibre entre la preſſion qui ſe fait ſur la liqueur dans le tuyau, & celle qui

ſ'exerce ſur la ſurface du vaſe où l'on plonge le tuyau.

Cette hypothéſe eſt ingénieuſe ; elle fait agir un fluide dont on ne peut guéres conteſter l'exiſtence ; mais elle lui accorde des fonctions qu'on ne peut admettre ſans peine. Un milieu dont les parties ſont plus ſubtiles que celles de l'air commun, & qui le ſont aſſez pour pénétrer les pores du verre, laiſſe-t-il tant de vuide dans le tube, & s'applique-t-il ſi mal aux parois du verre, que ſa preſſion diffère ſenſiblement de celle qu'il exerce en-dehors, ſur la ſuperficie du réſervoir? D'ailleurs, pourquoi la preſſion plus libre & plus entiére ſur la ſurface du vaſe, n'éléve-t-elle pas les liqueurs à des hauteurs qui ſoient proportionnelles à leurs denſités ? Et enfin, pour citer encore l'expérience, il paroît que l'effet dont il s'agit, ne dépend point d'une preſſion qui ſoit plus ou moins libre, ſelon la largeur de la baſe ; car au lieu de plonger le tube dans un vaſe, ſi l'on fait couler une goute de liqueur en-dehors, & ſelon ſa longueur, dès qu'elle eſt parvenue à l'orifice inférieur, elle re-

monte dans le tube comme en tout autre cas.

Voilà pourtant ce que l'on a dit de plus vraiſemblable pour expliquer l'aſcenſion des liqueurs dans les tubes capillaires, par la preſſion inégale d'un fluide environnant. Voyons ſi les opinions de la ſeconde claſſe ſont plus heureuſes.

Celles-ci quoique partagées par différentes vûes, ſe réuniſſent en un point : elles prétendent que, lorſqu'on a plongé le bout d'un tube capillaire, la petite colomne de liqueur qu'il renferme, perd ſon poids par ſon adhérence au verre, & que ceſſant de péſer ſur le fond du vaſe où ſe fait l'immerſion, les colomnes extérieures au tube, & qui exercent librement leur péſanteur, en pouſſent une ſemblable ſous la premiére, une autre ſous la ſeconde, & que toutes ces parties s'accumulent en une colomne totale, dont la hauteur eſt proportionnelle au frottement qui augmente comme le diamétre du tuyau diminue.

On conçoit bien comment une petite colomne d'eau, une fois placée dans

dans un tube capillaire, y eſt ſoutenue par le frottement, ou par l'adhérence aux parois du verre ; mais je ne comprens pas de même comment l'eau du vaſe, par ſon poids, la déplace & la ſouléve, pour lui ſubſtituer une colomne ſemblable : car cette eau environnante n'a de force qu'autant qu'il lui en faut, pour pouſſer dans le tube une colomne qui rempliſſe ſa partie plongée, ou (ce qui eſt la même choſe) elle ne peut porter cette colomne que juſqu'à ſon niveau ; mais comment l'y portera-t-elle, s'il faut qu'elle ſouléve en même tems une colomne ſemblable qui occupe la place ? Dira-t-on que celle-ci ne péſe point ſur le fond, parce qu'elle eſt retenue par le frottement du verre ? Cela eſt vrai, tant qu'elle eſt en repos ; mais s'il faut la faire monter, il faut vaincre ſon poids, ou, ce qui eſt équivalent, l'adhérence ou le frottement qui ont anéanti ſon poids.

Mais pour faire connoître combien ce ſyſtême s'accorde peu avec l'expérience, il ſuffira de dire que les tubes capillaires ont leurs effets auſſi

promptement, & d'une maniére auſſi complette, quand on ne fait que toucher, le plus légérement qu'il eſt poſſible, les liqueurs, comme lorſqu'on les y plonge fort avant; ce qui dénote inconteſtablement, que la preſſion des colomnes qui entourent la partie plongée du tuyau, n'entre pour rien dans cet effet.

Auſſi voyons-nous que quelques-uns de ceux qui ont aſſigné cette cauſe, en ont ſenti eux-mêmes l'inſuffiſance. » L'eau, diſent-ils, demeu-» re ſuſpendue dans les tubes capillai-» res, par ſon adhérence naturelle au » verre; mais elle y eſt élevée par une » autre cauſe. « Quelle eſt donc cette cauſe qu'on aſſocie à l'adhérence, & qui doit nous expliquer les effets des tubes capillaires? c'eſt, dit-on, la même force qui fait que deux goutes d'eau ſe joignent enſemble, lorſqu'on les approche de fort près. Paſſons à la troiſiéme claſſe.

Ici l'on ſuppoſe que le verre attire la liqueur; mais ſur quoi cette ſuppoſition eſt-elle fondée? Comment faut-il entendre cette attraction? & quelle régle ſuit-elle dans ſes effets?

Car ſi l'on n'en avoit d'autres preuves que le fait en queſtion, & ſi l'on faiſoit de cette cauſe une qualité abſtraite qui ne fût aſſervie à aucune meſure, cela reſſembleroit beaucoup aux ſympathies & aux qualités occultes des Péripatéticiens, ſi juſtement & ſi généralement bannies de la Phyſique moderne, c'eſt-à-dire, de la Phyſique raiſonnable.

Les Phyſiciens qui admettent l'attraction, (car il y en a un aſſez grand nombre qui tiennent cette opinion, & nous ne diſſimulerons pas que parmi ceux qui l'ont ſuivie, il s'en trouve quelques-uns, dont le nom ſeul pourroit prévenir en faveur de ce ſentiment, ſi l'autorité devoit être la régle de nos connoiſſances phyſiques;) ces Phyſiciens, dis-je, ſe partagent en deux claſſes. Les uns, conformément à l'eſprit de M. Newton, regardent l'attraction comme un fait qui a lieu dans toute la nature, & qui pourroit avoir, comme tous les autres, une cauſe méchanique qu'il eſt louable de chercher, mais qu'ils déſeſpérent, en quelque façon, de pouvoir trouver. Les autres tranchent le

mot ; plus hardis en cela que leur chef, ils prétendent que la vertu attractive eſt un principe qui n'a d'autre cauſe immédiate que la volonté du Créateur. Selon les premiers, quand deux corps s'approchent, ou ſe tiennent unis l'un à l'autre, ſans qu'on apperçoive ce qui cauſe leur réunion ou leur adhérence, c'eſt un effet dont il y a beaucoup d'exemples, & à qui l'on donne le nom particulier d'*attraction*, ſeulement pour le diſtinguer d'un grand nombre d'autres faits ſemblables dont la cauſe eſt connue. Selon les derniers, tout cela ſe fait en vertu d'une force innée, d'un penchant naturel, par lequel, de lui-même, & ſans aucune impulſion étrangére, un corps ſe porte vers un autre, & agit ſur lui avant que de le toucher, ni par lui-même, ni par d'autres corps intermédiaires.

Ceux qui n'admettent les attractions que comme des faits, me paroiſſent être dans la route ordinaire. Les Cartéſiens les plus fidélement attachés aux cauſes méchaniques, s'appuyent tous les jours ſur des phénoménes, dont la cauſe eſt encore

obſcure, & leur donnent tels noms qu'il leur plaît : l'*adhérence*, la *viſcoſité*, la *flexibilité*, le *reſſort* de certaines matiéres, ſervent ſouvent à expliquer leurs proprietés, & l'on n'en eſt pas choqué. On ne doit point l'être non plus du mot d'*attraction*, s'il n'exprime qu'un fait qu'on ſe diſpenſe d'expliquer.

Mais doit-on penſer de même de la vertu attractive, conſidérée comme principe de la nature ? Je paſſe qu'elle ne ſoit point métaphyſiquement impoſſible, (& c'eſt une grace que tout le monde ne lui fait pas ;) je ſuppoſe avec ceux qui ont le mieux défendu cette cauſe, que le Créateur en établiſſant l'impulſion, comme la cauſe la plus ordinaire des mouvemens des corps, ait été libre d'établir auſſi l'attraction, & que ces deux principes ne ſoient point incompatibles ; qu'en peut-on conclure, ſinon que Dieu a été le maître d'employer deux moyens au lieu d'un ? Mais de ce qu'une choſe pourroit être, s'enſuit-il qu'elle eſt en effet ? Si certains mouvemens n'ont point encore été bien expliqués par les loix de l'im-

pulſion, ſont-ils démontrés inexplicables ? & faudroit-il moins qu'une telle démonſtration, pour autoriſer l'introduction d'un nouveau principe, ſur-tout quand on ſçait que la nature affecte autant de ſimplicité dans les cauſes, que de fécondité dans les effets; que l'eſprit humain borné dans ſes connoiſſances, ne peut jamais ſe flatter d'avoir apperçû tout ce qu'il y a à voir, & qu'il n'a jamais été moins éclairé ſur les effets naturels, que quand il s'eſt permis des explications arbitraires. Je trouve fort ſage & fort judicieuſe cette penſée d'un Sçavant *, qui avoit eu pendant ſa vie bien des occaſions de ſçavoir tout ce qu'on peut dire de favorable pour le ſyſtême des attractions, & en même tems tout ce qu'on peut reprocher à l'emploi qu'on a fait des impulſions. « Il ne faut pas nous flatter, » dit-il, que dans nos recherches de » Phyſique nous puiſſions jamais nous » mettre au-deſſus de toutes les difficultés : mais ne laiſſons pas de philoſopher toujours ſur des principes » clairs de méchanique ; ſi nous les » abandonnons, toute la lumiére que

* *M. Saurin. Mem. de l'Acad. 1709. p. 131.*

» nous pouvons avoir eſt éteinte : &
» nous voilà replongés de nouveau
» dans les anciennes ténébres du Pé-
» ripatétiſme, dont le ciel nous veuil-
» le préſerver. »

M. Newton voyant dans les corps qui nous environnent, quantités d'attractions, c'eſt-à-dire, des effets qu'on peut nommer ainſi, ſoupçonna qu'il y en avoit par-tout; & s'arrêtant moins à expliquer ces effets qu'à les meſurer, il ſuppoſa que toutes les parties de la matiére ſe portoient réciproquement les unes vers les autres, & que deux corps par conſéquent s'attiroient en raiſon directe de leurs maſſes; que ſi l'un des deux, par exemple, contient une fois plus de parties, ſon attraction eſt double de celle de l'autre. Il lui parut encore que cette tendance réciproque des corps ne devoit pas être également forte de loin comme de près; & quelques raiſons le déterminérent à croire, que cette action, ſemblable à toutes celles qui s'étendent en forme de ſphére, pourroit bien être en raiſon inverſe du quarré de la diſtance, c'eſt-à-dire, qu'à deux degrés d'éloigne-

ment les corps s'attireroient 4 fois moins, à trois degrés neuf fois moins, à quatre degrés ſeize fois moins, &c.

Juſqu'ici ce n'eſt que ſoupçon ; & que pouvoit-ce être autre choſe, ſelon l'idée même que M. Newton s'étoit faite de l'attraction ? Cette force, ſelon lui, eſt proportionnelle à la maſſe des corps ; tout ce qui eſt en notre diſpoſition eſt ſi petit, en comparaiſon du globe ſur lequel nous ſommes, que l'attraction de celui-ci rend inſenſibles toutes les autres petites attractions particuliéres, comme la lumiére du ſoleil empêche qu'on apperçoive celle d'une bougie. Il falloit donc tranſporter cette hypothéſe à des corps iſolés, & aſſez éloignés les uns des autres, pour voir, ſi l'on pouvoit ſuppoſer qu'ils s'attiraſſent, & ſi leur attraction ſe faiſoit ſuivant les loix qu'on avoit imaginées ; car, encore une fois, ces loix ne pouvoient ſe vérifier dans les petites attractions, & ſi l'on pouvoit en douter, l'attraction en général étoit une hypothéſe mal étayée. Le Philoſophe Anglois ſentant mieux qu'un autre, combien l'expérience a d'autorité dans les

queſtions de Phyſique, & ne pouvant pas la faire parler, au moins d'une maniére aſſez déciſive, ſur la ſurface de la terre, chercha des preuves dans un champ plus vaſte, & qui lui étoit aſſez connu. Il compara le mouvement des aſtres aux conſéquences de ſon principe, & il y trouva tant de conformité, qu'on eſt tenté de croire que ce grand homme a deviné le ſecret de la nature.

Quelque avantage que puiſſe avoir l'hypothéſe Newtonienne ſur toutes celles qui l'ont précédé ; quoiqu'elle explique d'une maniére plus complette les mouvemens des aſtres, & qu'elle s'étende juſqu'à rendre raiſon de leurs irrégularités apparentes, le fond de la choſe reſte toujours à juger. Les raiſonnemens de M. Newton, (je l'avoue,) ménent à croire que les planétes ont une tendance réciproque les unes vers les autres ; que cette force agit ſelon les loix qu'il lui attribue, mais tout cela peut être primitivement l'effet de quelque impulſion phyſique, & M. Newton n'a oſé prétendre le contraire. De quel droit ſes diſciples voudroient-ils donc

convertir l'attraction de fait, en vertu inhérente, en attribut primitif, en nouveau principe ? eſt-ce qu'en revenant ſur les faits qui ont porté le maître à ſoupçonner l'attraction générale, ils y auroient vû autre choſe que lui ? Auroient-ils apperçû dans la choſe même, l'impoſſibilité d'une explication méchanique ? ou bien prendroient-ils pour des preuves de l'attraction, toutes les applications infructueuſes que l'on a faites juſqu'ici de l'impulſion, à certains phénomenes difficiles à expliquer ? Les deux premiéres raiſons n'ont encore été alléguées par perſonne ; & ceux qui ont hazardé la troiſiéme, ont manqué de logique : car ce n'eſt pas raiſonner en régle, que de dire, *Ceci n'eſt point expliqué par les loix de l'impulſion, donc c'eſt un effet de la vertu attractive* : il faudroit préalablement faire deux choſes, 1°. prouver que ces deux principes ſubſiſtent, 2°. que le premier ne peut point avoir lieu dans le fait en queſtion.

Ces ſortes de phénoménes après tout, qui, ſuivant les nouveaux Newtoniens, indiquent l'attraction, ſont-

ils donc comme ils le prétendent, auſſi fréquens que ceux qui prouvent l'impulſion? & tiennent-ils à la nature par autant d'endroits ſpécialement différens, qu'on pourroit ſe l'imaginer ?

Quand on y regarde de près, on voit que tout ce qu'on a tant de peine à expliquer par la preſſion des fluides environnans, ou par toute autre cauſe méchanique, à quelques exceptions près, ſe peut aiſément rapporter aux tubes capillaires; telle eſt l'aſcenſion des liqueurs dans les corps ſpongieux, telles ſont même les diſſolutions, efferveſcences, & autres opérations chymiques, où il ſe fait une pénétration réciproque d'une matiére dans les pores d'une autre: que ſçais-je même, ſi l'on ne pourroit point encore rappeller ici cette union ſpontanée de deux goutes d'eau qui ſe confondent en une, avant qu'une cauſe externe & connue occaſionne le contact? car tous les corps, & ſur-tout les fluides, s'exhalent en vapeurs; ils ſont environnés d'une petite atmoſphére plus rare, plus poreuſe que la maſſe, & deux goutes d'eau, par conſéquent, ſe touchent

avant que nous nous en appercevions.

L'école d'Ariſtote croyoit à l'horreur du vuide, parce qu'il lui ſembloit en voir des marques dans toute la nature ; l'adhérence des corps polis, la difficulté d'écarter les panneaux d'un ſoufflet bouché de toutes parts, l'aſcenſion de l'eau dans les pompes aſpirantes, la réſiſtance du piſton d'une ſeringue dont le bout eſt fermé, &c. dès que le poids de l'air fut connu, tous ces phénoménes que l'on avoit regardés juſques-là ſéparément comme des preuves du principe obſcur, ſe ramenérent tous facilement à la vraie cauſe. Cet événement eſt une leçon pour ceux qui croyent voir partout des marques de la vertu attractive. Si toutes ces preuves prétendues, qui ſemblent dire la même choſe en tant de maniéres differentes, ſont cependant réductibles au même genre ; ſi tout ce que les partiſans des attractions ont de plus fort à citer, n'eſt que le phénoméne des tuyaux capillaires préſenté ſous différentes formes, il y a ſans doute un cercle vicieux dans leur raiſonnement : car ſi l'on ſe ſert de la vertu

attractive pour expliquer les tubes capillaires, & que l'on appelle ces mêmes tubes en preuves de l'attraction; de deux choſes l'une, ou l'on manque à prouver, ou l'explication porte à faux; c'eſt, comme l'on dit, ſuppoſer ce qui eſt en queſtion. Quel eſt l'homme ſenſé qui n'ayant nulle connoiſſance du vent & de ſa force, voudroit croire de prime abord, que c'eſt l'impulſion de l'air qui fait tourner tous les moulins à vent, qui tranſporte les vaiſſeaux d'un côté à l'autre de l'océan, & qui opére tous les mouvemens de cette eſpéce? ſur-tout s'il avoit vû toute ſa vie des moulins à bras, & des bateaux traînés avec des cordes.

Mais ſuppoſons pour un moment que la vertu attractive eſt prouvée d'ailleurs, & voyons ce qu'elle vaudra entre les mains des plus habiles Newtoniens, pour expliquer l'effet des tubes capillaires.

« Le verre, dit-on, attire l'eau, plus » que l'eau ne s'attire elle-même: dès » que l'orifice du tube vient à la tou» cher, elle s'éléve juſqu'à ce que ſon » poids faſſe équilibre à la vertu at-

» tractive qui réſide dans la ſurface
» intérieure du tuyau.

» L'eau s'éléve plus haut dans les
» petits tubes que dans les gros ; par-
» ce que leur ſurface eſt plus grande
» relativement à la ſolidité de la co-
» lomne d'eau, & les parties du mi-
» lieu ſont moins éloignées du verre
» qui les attire.

» Le mercure ſe tient plus bas que
» le niveau dans ces ſortes de tubes,
» parce qu'étant plus denſe que le
» verre, il s'attire plus lui-même que
» le tuyau ne peut l'attirer.

A la premiére vûe l'attraction figure aſſez bien ici ; mais examinons la choſe de plus près, & ſuivons les conſéquences du principe qui ſert de fondement à ces explications. Tous les corps pénétrables à l'eau, & qu'on doit regarder à cet égard comme des tubes capillaires, n'admettent-ils dans leurs pores, & n'élévent-ils au-deſſus du niveau que les fluides moins denſes qu'eux-mêmes ? La hauteur de la colomne élevée dans le tube, eſt-elle toujours réglée par l'excès d'attraction du verre, & par la péſanteur ſpécifique de la liqueur ? Ne

voit-on pas des liqueurs plus péſantes s'élever dans le même tube, plus haut que d'autres qui ſont cependant plus légéres ? On ſçait que l'expérience répond à ces queſtions, d'une maniére peu favorable à l'explication qu'on vient de voir. Mais laiſſons parler un des plus ingénieux * partiſans de l'attraction ; voici ſon objection à laquelle il eſt difficile de répondre.

** M. Jurin Tranſ. Phil. n. 255. art. 2. & n. 363. art. 2.*

« C'eſt un fait conſtant que les li- » queurs s'élévent dans les tubes capil- » laires en raiſon inverſe de leur dia- » métre : ainſi la colomne élevée au- » deſſus du niveau, étant d'un pouce » de hauteur dans un tube d'une demi- » ligne de largeur, dans un tube une » fois plus gros elle aura 6 lignes. Mais » cette derniére colomne, quoique » plus courte, comprend plus d'eau, » comme l'on ſçait, que la premiére ; » cependant la ſurface du verre qui » touche la plus menue, eſt plus gran- » de que celle qui contient l'autre co- » lomne, eu égard à la quantité d'eau.

* Les diſſertations de M. Jurin ſe trouvent à la fin des leçons de Phyſique expérimentale de M. Côtes, traduites en François par M. le Monnier. A Paris, 1740.

» La force attractive n'eſt donc pas
» proportionnelle à la ſurface inté-
» rieure du tuyau; ou bien, (ce qu'on
» ne peut admettre,) la même cauſe
» n'auroit point un effet conſtant.

M. Jurin après avoir fait connoître par cette difficulté, & par des expériences déciſives, l'inſuffiſance de l'explication précédente, lui en ſubſtitue une autre. Il prétend que l'attraction du tuyau n'agit que par la partie annulaire de la ſurface intérieure, où ſe termine la colomne de liqueur. Il établit ſon opinion ſur des expériences fort ingénieuſes, & dont les apparences ſont ſéduiſantes.

Il plonge le tube *AB*, *Fig.* 15. formé de deux parties *AC*, *CB*, dont les diamétres ſont fort differens. Quoiqu'un tuyau de la groſſeur de *C B*, ne pût élever la liqueur qu'au point *E*, ſi cependant on l'emplit juſqu'en *D*, l'eau y demeure ſuſpendue, pourvû que cette portion du tuyau ſoit d'un tel diamétre, qu'un tube de ſa groſſeur dût élever l'eau de la hauteur *B D*.

Et ſi l'on renverſe ce tuyau comme *F G*, l'eau ne s'éléve & ne demeure ſuſpendue qu'au point *F*, hauteur à

laquelle

laquelle elle s'éléveroit par un tube qui ſeroit, dans toute ſa longueur, d'un diamétre égal à la partie *F*.

Il paroît donc par ces expériences, comme l'a remarqué M. Jurin, que ſi la hauteur des colomnes d'eau ſoutenues dépendoit de l'attraction de toute la ſurface intérieure, la liqueur ne devroit pas ſe ſoutenir plus haut que le point *E* dans la premiére; & dans la ſeconde elle excéderoit la hauteur *F*, puiſque la plus longue partie du tuyau qui la contient eſt, par ſuppoſition, d'un diamétre propre à la faire monter d'une quantité égale à *B D*. Cette élévation, ou ſuſpenſion de liqueur, dépend donc plutôt de la partie annulaire du verre où ſe termine la colomne; puiſque la hauteur de l'eau change avec le diamétre de cet anneau.

Le ſçavant & judicieux auteur de ces expériences, agiſſant moins par prévention pour le ſyſtéme des attractions qu'il n'abandonne point, que par amour pour la verité qu'il préfére à tout, ne diſſimule rien de ce qui peut infirmer ſon opinion; ſa premiére expérience peut être faite

de façon qu'elle prouve trop, & qu'elle devient elle-même un nouveau phénoméne qui mérite d'être expliqué.

Au lieu du tube *AB*, *Fig.* 15. il employe un entonnoir qui peut avoir pluſieurs pouces de largeur, & qui finit en tube capillaire, comme on le peut voir par la *Fig.* 16. Si cet entonnoir ainſi renverſé, n'excéde point la hauteur à laquelle pourroit s'élever l'eau dans un tube gros comme la partie *H*, il pourra reſter tout plein, comme *D B* de la précédente expérience. Si l'attraction annulaire ſoutient la colomne *HI*, comment la grande quantité d'eau, qui l'environne, ſe ſoutient-elle ?

On n'a pas manqué de répondre que cette maſſe d'eau étoit ſoutenue par l'attraction de la partie convexe, c'eſt-à-dire, que chaque point du verre *K*, *L*, &c. attiroit la colomne qui lui étoit ſoumiſe; mais une nouvelle expérience détruit encore cette réponſe.

Quand on donne à l'entonnoir la forme qu'il a dans la *Fig.* 17. qu'on ne le rempliſſe qu'en partie, mais

plus cependant qu'il ne pourroit l'être, ſi l'eau ne s'y élevoit, qu'en vertu de la propriété du tube capillaire; ſi l'on touche l'orifice ſupérieur avec le doigt mouillé, de ſorte qu'il y entre une goute d'eau, la colomne reſte ſuſpendue, comme s'il étoit entiérement plein: ce n'eſt plus alors la partie convexe du verre qui l'attire.

C'eſt ainſi que M. Jurin combat les explications où la vertu attractive eſt infructueuſement employée; mais ce principe qu'il ne croit pas devoir encore abandonner, lui fournira-t-il le véritable dénouement? C'eſt toujours travailler utilement que de détruire les mauvaiſes raiſons; ce ſont des obſtacles de moins ſur les routes de la vérité. Ne perdons point de vûe, cette matiére, entre les mains d'un Sçavant, qui paroît l'avoir traitée avec plus d'intelligence & de ſagacité qu'aucun autre avant lui.

M. Jurin convenant avec raiſon, qu'on ne peut pas attribuer vraiſemblablement la ſuſpenſion de toute la maſſe d'eau dans l'entonnoir, à l'adhérence qu'elle a avec la petite

colomne du milieu, qui eſt immédiatement attirée par la partie capillaire *H*; & voyant par des expériences répetées dans le vuide, que le poids de l'air groſſier n'a point de part à ces effets; M. Jurin, dis-je, avec les meilleures intentions du monde pour la vertu attractive, & toute l'habileté d'un Phyſicien accoutumé depuis long-tems aux expériences, eſt obligé d'avoir recours à la preſſion d'un *milieu aſſez ſubtil, pour pénétrer le récipient*, & qui agiſſant plus librement ſur la ſurface du vaſe, que ſur la liqueur du tuyau qui y eſt plongé, peut être la cauſe de cette ſuſpenſion au-deſſus du niveau. C'eſt bien avouer l'inſuffiſance de l'attraction, pour expliquer les propriétés des tubes capillaires; mais il ſeroit à ſouhaiter qu'on s'étendît davantage pour faire connoître comment ce milieu ſubtil, que l'on admet, comprime plus librement l'eau du vaſe, que celle qui eſt contenue dans le tuyau.

M. Clairaut dans un ſçavant ouvrage * qu'il vient de donner au pu-

* Théorie de la figure de la Terre, tirée des principes de l'Hydroſtatique.

blic, fait une application fort heureuſe des principes qu'il a établis précédemment, aux phénoménes des tuyaux capillaires. Il trouve que M. Jurin n'employe pas, dans l'examen de cette queſtion, aſſez de principes, pour en tirer une explication complette, & au lieu de s'arrêter comme lui à la ſeule attraction du petit anneau de verre qui termine la colomne de liqueur, il examine le fait ſelon les loix générales de l'Hydroſtatique, & il calcule enſuite combien l'attraction peut altérer le niveau, lorſque le tube eſt capillaire. Son réſultat ſe trouve parfaitement d'accord avec l'expérience; mais ce qu'il y a de ſingulier, c'eſt que ſelon la théorie de M. Clairaut, bien loin que l'effet vienne de l'attraction de la partie ſupérieure du tube, à laquelle il ſemble qu'on doive l'attribuer, ſelon les expériences de M. Jurin, c'eſt au contraire la partie inférieure qui agit, celle d'en-haut n'y a nulle part; ſon attraction étant contrebalancée, par une pareille attraction, dans la partie moyenne du tuyau.

De tout ceci il réſulte que ces phé-

noménes, ou ne ſont point encore bien expliqués, ou que les explications qu'on en donne, tiennent à des hypothéſes qui ne ſont pas généralement reçûes. Peut-être cela vient-il de ce qu'on s'eſt obſtiné à ne leur donner qu'une ſeule & unique cauſe: combien y a-t-il d'effets naturels qui en ont pluſieurs, & qu'on ne peut connoître par toutes les faces, qu'en les examinant ſous différens points de vûe? La preſſion inégale de quelque fluide eſt probablement le point fondamental de l'explication, mais l'adhérence ou la viſcoſité naturelle des liqueurs, la grandeur & la figure de leurs parties, & peut-être un certain mouvement qui leur eſt propre, &c. ſont autant de moyens que la nature peut employer pour ces ſortes d'effets, & autant d'objets que nous devons conſidérer dans nos recherches.

APPLICATIONS.

Quoique nous ne voyions pas bien clairement, quelle eſt la cauſe immédiate de l'élévation & de la ſuſpenſion des liqueurs dans les tuyaux capillaires, ces phénoménes bien conſ-

tatés ne laiſſent pas d'être intéreſſans, parce qu'ils paroiſſent avoir beaucoup de part aux opérations de la nature, & que ce que nous en ſçavons, peut nous conduire à beaucoup d'autres découvertes. Souvent un fait qu'on ne peut expliquer qu'imparfaitement, devient lui-même une explication claire & diſtincte de pluſieurs autres. Nous ne ſçavons pas bien quelle eſt la vraie cauſe de la péſanteur des corps; cependant par la connoiſſance que nous avons de ſes loix, nous ſommes en état de rendre raiſon d'une infinité de choſes, qui ſans cela ſeroient enſevelies dans une profonde obſcurité. De même quand je ſçais que les liqueurs s'élévent, malgré leur gravité, dans des canaux étroits, de quelque matiére & de quelque figure qu'ils puiſſent être, je ne ſuis plus ſurpris de trouver humides juſqu'en haut, un monceau de ſable, une pierre tendre, une buche placée debout, &c. quoique ces corps ne ſoient qu'en partie plongés dans l'eau. Car, comme ils ſont poreux, l'eau y trouve des petits canaux, par leſquels elle monte, com-

me elle feroit dans de petits tuyaux de verre, & encore mieux ; parce que dans un canal fort uni & fort droit, la liqueur oppoſe toute ſa péſanteur à la cauſe qui l'éléve, au lieu que dans les paſſages tortueux, que lui offre l'intérieur d'un corps ſolide, elle trouve des repos d'où il peut ſe faire qu'elle parte à pluſieurs repriſes, & peut-être avec de nouvelles forces.

Mais ce que nous voyons arriver en petit, ne pourroit-il pas ſe faire en grand ? Le monceau de ſable mouillé juſqu'au ſommet, n'expliqueroit-il pas l'origine de certaines ſources qui ne tariſſent jamais, qui fourniſſent toujours une égale quantité d'eau, & qui ne paroiſſent redevables ni aux ſaiſons, ni aux vapeurs & autres influences de l'atmoſphére, & qui ſe trouvent dans la proximité de la mer ? C'eſt une penſée aſſez plauſible, & qui a été adoptée par pluſieurs Auteurs * ; cependant elle perd une partie de ſa vraiſemblance, ſi l'on fait attention qu'un tube capillaire ne produit jamais d'écoule-

* Plot. *Tentamen philoſophicum de origine fontium.* Derham, *Theologie Phyſique. p.* 70.

ment

ment par ſa partie ſupérieure, & que le ſable, quoique mouillé beaucoup au-deſſus du niveau de l'eau, ne l'eſt preſque qu'intérieurement, ou s'il l'eſt en-dehors, cela ne fait point ſource.

La buche qui ſe mouille juſques dans la partie qui n'eſt point plongée, peut faire naître quelques idées ſur le myſtére de la végétation; on ſçait que ce qui fait croître les plantes, c'eſt la ſéve qui paſſe des racines à la tige, & de la tige aux branches; mais quelle eſt la puiſſance qui éléve ainſi cette liqueur nourriciére, c'eſt ce qu'on ignore encore; en attendant qu'on le ſçache, ne pourroit-on pas regarder les routes qu'elle tient, comme autant de petits canaux capillaires, ou comme une continuité de corps ſpongieux, par leſquels elle ſe porte de bas en-haut, & plus ou moins abondamment, ſelon l'état actuel des ſujets qui la reçoivent.

Mais ce qu'il y a en cela de plus merveilleux, c'eſt que chaque ſorte de plantes paroît avoir ſa ſéve particuliére; car on ſçait que la terre s'épuiſe à force de nourrir la même eſ-

péce, & qu'on la ſoulage, pour ainſi dire, en variant la ſemence ſur le même fond. Comment donc dans un jardin chaque arbre reçoit-il la nourriture qui lui eſt propre ? comment le pommier ne prend-il pas ce qui convient à la vigne, le myrte ce qui doit appartenir au jaſmin ou au chevrefeuille ?

On ne peut répondre maintenant à ces queſtions que très-imparfaitement, parce que nous ſommes encore bien peu inſtruits de ce qui ſe paſſe à cet égard. Mais s'il eſt vrai que les canaux qui portent la ſéve, faſſent l'office de tuyaux capillaires, il s'offre un exemple de ce genre, qui pourroit être regardé comme une imitation groſſiére de la nature, quant à l'objet préſent. Si l'on met dans un même vaſe deux liqueurs fort différentes l'une de l'autre, comme de l'huile & du vin, & qu'on y plonge deux bouts de liſiére de drap, dont l'une ait été imbibée de vin & l'autre d'huile, l'une & l'autre agira comme une éponge, mais la premiére n'enlévera que du vin, & la derniére de l'huile ſeulement. Tous les corps de

ce genre ſont propres à élever les liqueurs ; mais ils ſe chargent de l'une plutôt que de l'autre, ſuivant l'analogie qu'elle a avec eux. Cette analogie conſiſte ſans doute dans la figure, la grandeur, la diſpoſition des parties, &c. chaque eſpéce de plante fait peut-être quelque choſe de ſemblable, & par les mêmes raiſons.

Il eſt vrai, je l'avoue, que l'aſcenſion des liqueurs dans un petit tuyau de verre, à quelques pouces de hauteur, comparée à l'élévation de la ſéve dans un chêne, ou dans un ſapin, laiſſe appercevoir une différence qui effraye, & qui porte à croire que ces deux effets n'ont point une ſeule & unique cauſe. Auſſi n'indiquai-je point cette comparaiſon comme une explication complette ; les canaux de la ſéve ne ſont pas de ſimples tuyaux, ils ſont organiſés ; & par cette raiſon leur fonction de tubes capillaires peut avoir des effets, auſquels elle ſeroit incapable de s'étendre ſans cela. Une buche, ou un arbre mort ſur pied, ne végéte plus ; ce n'eſt pas que les canaux de la ſéve y manquent, mais l'organiſation eſt détruite.

En examinant dans la ſixiéme leçon, comment les vapeurs & les exhalaiſons s'élévent, & ſe ſoutiennent dans l'atmoſphére, j'ai ſuppoſé que cette maſſe d'air qui couvre la ſurface de notre globe, eſt une grande éponge qui reçoit dans ſes pores toutes les parties exhalées des matiéres appartenantes à la terre; voici ce qui peut rendre cette opinion probable.

1°. L'air eſt compreſſible; c'eſt un fait qui n'eſt point douteux. Quelque figure qu'on accorde à ſes parties, il faut toujours convenir qu'elles ne ſont pas auſſi ſerrées les unes auprès des autres qu'elles pourroient l'être, & qu'il y a de petits intervalles qui ſe ſuivent, qui ſe touchent, & qui doivent former de petits canaux tortueux, plus ou moins capillaires dans un tems que dans un autre, ſelon la denſité actuelle de l'air, & qui peuvent ſe remplir de toute autre matiére.

2°. Les vapeurs & les exhalaiſons, quand elles ſont détachées des maſſes dont elles faiſoient partie, ſont dans l'état de fluidité; & par cette raiſon elles ſont ſuſceptibles, comme

les liqueurs, de tous les effets qui ſont propres aux tuyaux capillaires.

3°. Comme les liqueurs s'élévent plus ou moins haut, ſelon l'état actuel des tubes capillaires, c'eſt-à-dire, ſelon la grandeur de leur diamétre, & l'analogie de leur propre matiére avec celles qu'ils élévent ; on peut auſſi regarder comme une choſe indubitable, que les vapeurs montent plus ou moins, ſelon la diſpoſition de l'atmoſphére.

Il ſe préſente ici une difficulté conſidérable. On ſçait par la troiſiéme expérience, *Fig.* 14. que la liqueur s'éléve d'autant plus dans le tube capillaire, que ce tube eſt plus étroit. Les pores de l'air ſont plus ſerrés en hyver qu'en été ; il s'enſuit, ſelon mon hypothéſe, que les vapeurs doivent donc s'élever plus haut en hyver qu'en été, ce qui n'eſt pas vraiſemblable.

Pour plus haut, je ne le crois pas non plus : mais je paſſerois volontiers qu'elles s'élévent à-peu-près à la même hauteur en toutes ſaiſons ; car quelles preuves avons-nous du contraire ? & le barométre étant or-

dinairement un peu plus haut l'hyver que l'été, il faut bien que quelque choſe entretienne, & même augmente le poids de l'atmoſphére ; la denſité de l'air augmentée dans les ſaiſons froides, compenſeroit-elle ſeule la diminution des vapeurs ? Quand on voudroit le conclure, on ne le pourroit pas, en faiſant attention que les évaporations ſont fort abondantes, même pendant la gelée ; ſi ce qui s'évapore alors eſt logé à l'étroit dans l'air, il doit donc chercher place plus haut. D'ailleurs c'eſt une ſuppoſition aſſez généralement reçûe, que la température de l'atmoſphére ne varie pas, à beaucoup près, autant dans la moyenne region où s'élévent les vapeurs, qu'ici bas à la ſurface de la terre ; la poroſité de l'air y eſt donc à-peu-près la même en tout tems. Or l'expérience de M. Jurin, *Fig.* 15. nous apprend que l'élévation des liqueurs dans les tubes ne dépend pas de la largeur qu'ils ont dans leur longueur, mais de celle où ſe termine la colomne ; ainſi quelques changemens qui arrivent ici-bas à la denſité de l'air, ſi la moyen-

ne région ne change pas beaucoup, comme on peut le ſuppoſer avec tous les Phyſiciens, la conſéquence qui ſuit de mon hypothéſe, n'eſt point une objection qui doive la faire rejetter.

4°. Comme un tube capillaire qui ſoutient une colomne de liqueur, ou comme une éponge pleine d'eau n'en puiſe point davantage, de même auſſi l'air trop chargé n'enléve plus de vapeurs; les eaux, & en général tous les corps s'évaporent beaucoup moins par un tems humide & calme, que lorſqu'il fait un vent ſec. Dans le premier cas, l'air eſt une éponge chargée; dans le ſecond, c'eſt une éponge vuide, & qui ſe renouvelle continuellement ſur les mêmes ſurfaces.

5°. Tous les Phyſiciens conviennent que ce qui fait tomber les vapeurs en forme de pluie, c'eſt quelque degré de froid qui condenſe la partie de l'atmoſphére où elles regnent, & qui rapprochant les particules d'eau, les unit en goutes trop péſantes, pour être ſoutenues par un pareil volume d'air; cette explication

qui eſt très-naturelle, ne détruit point du tout l'idée que je me fais de l'atmoſphére : l'air qui ſe condenſe eſt une éponge que l'on preſſe, & j'attribue cette compreſſion, non-ſeulement au refroidiſſement, qui peut être la cauſe la plus ordinaire, mais auſſi aux vents qui reſſerrent les nuages, c'eſt-à-dire, la partie de l'air la plus chargée d'eau ; & en effet la pluie, (ſur-tout celle d'orage) tombe ſouvent par ſecouſſes, tout-à-fait ſemblables à l'expreſſion d'un corps ſpongieux rempli d'eau.

6°. Il y a certaines pluies qui viennent tout-à-coup, par un tems calme & chaud, de maniére qu'on a peine à les concilier avec les cauſes dont nous venons de parler ; il me paroît qu'elles s'expliquent aſſez bien dans mon hypothéſe. Quand un tube capillaire a élevé l'eau à deux pouces, en vertu d'un diamétre qui n'a qu'un quart de ligne, s'il devenoit plus large de moitié, par exemple, on conçoit bien que l'eau n'y demeureroit pas à la même hauteur ; une éponge qui contient des particules d'eau les laiſſeroit échapper, ſi par quelque

moyen que ce pût être, on la dilatoit au-delà de ſon état naturel. Qu'un rayon de ſoleil direct, ou réfléchi, vienne à échauffer, & par conſéquent à raréfier, une partie de l'atmoſphére chargée de vapeurs en ſuffiſante quantité ; ces petites maſſes abandonnées à leur propre poids, commenceront à tomber, & s'uniront en forme de pluie pendant leur chûte. Cette explication paroît même confirmée par l'expérience ; car lorſqu'on commence à raréfier, avec une machine pneumatique, l'air qui eſt contenu dans le récipient, on ne manque pas d'y appercevoir une vapeur, qui tombe comme une pluie fine ſur la platine. *

* *Mémoires de l'Acad. des Scienc.* 1740. p. 243.

En attribuant à l'atmoſphére les propriétés des tubes capillaires, il ſemble qu'on s'interdiſe, touchant ces phénoménes, toute explication fondée ſur la preſſion d'un fluide environnant, ce qui paroît être pourtant la principale ſource des lumiéres que nous avons à attendre ſur cette matiére encore obſcure : car ſi la maſſe de l'air agit comme les tuyaux capillaires, on ne peut plus ſonger à

faire valoir ſa preſſion, pour rendre raiſon de cet effet.

Cette conſidération doit rendre circonſpect, mais elle ne doit jamais empêcher de recevoir une vérité qui ſeroit bien prouvée : en ſecond lieu, les expériences faites & répetées dans le vuide par un grand nombre de Phyſiciens, leur ont fait avouer d'un commun accord, que l'air groſſier, dont il s'agit ici, ne contribue en rien aux phénoménes en queſtion : & en abandonnant le poids de ce fluide dans la queſtion préſente, nous ne rejettons nullement un autre milieu plus ſubtil, aſſez généralement avoué, & qui peut avoir ſes fonctions à part.

II. ARTICLE.

Sur les cauſes de la fluidité & de la dureté des Corps.

En définiſſant les fluides dans la leçon précédente, je les ai repréſentés, comme des amas de petits corps ſolides, aſſez mobiles les uns à l'égard des autres, pour ſe ſéparer au moindre choc. Beaucoup de Phyſi-

ciens prétendent que ce n'eſt point aſſez d'attribuer une grande mobilité aux parties des fluides & des liqueurs; on veut, par des raiſons aſſez plauſibles, qu'elles ſoient non-ſeulement très-diſpoſées à ſe mouvoir, mais qu'elles ſe meuvent en effet. Les uns cependant plus retenus que les autres ſur ce prétendu mouvement, n'en admettent qu'autant qu'il en faut pour expliquer certains phénoménes, dont ils croyent qu'on auroit peine à rendre compte ſans cette ſuppoſition: ils donnent à ce mouvement inteſtin des liqueurs toutes ſortes de directions imaginables, & en même tems ſi peu d'étendue, qu'il ne va point juſqu'à déplacer ſenſiblement les parties. Ce ſont les bornes où ſe contiennent la plûpart de ceux à qui les obſervations & les expériences ſont plus familiéres que les ſyſtêmes. Alors cette eſpéce d'agitation actuelle des fluides ne différe guéres de celle que la chaleur naturelle entretient dans les ſolides; & ſi ce mouvement eſt la cauſe immédiate de certains effets qui ſont propres aux liqueurs, je ſuis bien tenté de croire que ce n'eſt qu'en

conſéquence de la grande mobilité des parties qu'il anime. Je m'explique par un exemple. Une motte de terre ſe diſſout plus aiſément dans de l'eau, (fût-elle prête à geler,) que dans la neige, qui n'auroit de froid qu'autant qu'il lui en faut pour ne pas fondre. Eſt-ce un excès de mouvement dans les parties de l'eau comme liquide, qui fait cette différence ? n'eſt-ce pas plutôt trop peu de mobilité dans celles de la neige ? Tant que l'eau eſt liqueur, le degré de chaleur qu'elle a, appartient à des parties libres, & qui par cette eſpéce d'indépendance réciproque, ſuivent leurs déterminations particuliéres, & pénétrent les pores du corps diſſoluble : ce n'eſt point la même choſe dans la neige, dont les molécules ſont liées ſous la forme de petits glaçons; elles ſont déterminées, comme celles de l'eau, vers les pores qui leur ſont ouverts; mais pour y entrer il faudroit qu'elles ſe partageaſſent en volumes proportionnés aux ouvertures, & ſi le mouvement qu'on leur ſuppoſe, ne va pas juſqu'à cauſer & entretenir leur diviſion, il ne doit pas avoir le mê-

me effet que dans l'eau ; mais toute la différence, comme l'on voit, ne vient que d'un défaut de mobilité ſuffiſante dans les parties.

Je croirois donc volontiers, que les liqueurs n'ont point en elles-mêmes un mouvement particulier qui les rende telles ; mais qu'elles ſont dans cet état ſeulement parce que leurs parties ſont extrêmement mobiles entr'elles. L'objet de cet article eſt donc de faire connoître, autant que nous le pourrons, ce qui peut entretenir cette mobilité reſpective ; & comme être dur eſt l'état oppoſé à celui de liqueur, les cauſes de l'un doivent nous indiquer celles de l'autre. Voyons d'abord pourquoi certains corps ſont durs, par quelles raiſons d'autres le ſont moins, & enfin comment il ſe peut faire qu'ils ne le ſoient pas ſenſiblement. Par cette diviſion, nous embraſſons tous les différens dégrés de conſiſtance qui conviennent à la matiere, *dureté*, *molleſſe*, *fluidité*, *liquidité*.

Il ne s'agit point ici d'une dureté parfaite, telle qu'elle conviendroit, par exemple, aux parties inſécables

& élémentaires, aux atômes. Ce qui fait préſentement l'objet de nos recherches, c'eſt cette cohérence qui conſtitue une maſſe ſolide qui s'oppoſe à ſa diviſion, mais qui peut toujours céder à une force finie; telle eſt celle du bois, des pierres, des métaux, &c.

Si les corps n'étoient durs qu'à l'extérieur; ſi les piéces qui compoſent leur ſolidité, étoient aſſez grandes pour nous laiſſer appercevoir leurs figures, & le rapport qu'elles ont entr'elles; ſi rien de tout ce qui eſt matériel ne pouvoit échapper à nos ſens, nous pourrions peut-être nous flatter de donner une explication directe des phénoménes en queſtion. Mais les corps ſont ſolides intérieurement comme à l'extérieur, & leurs molécules les plus ſubtiles ne le ſont pas moins que la maſſe totale; ainſi la cauſe de cette cohérence agit ſur des ſujets qui échappent à nos yeux, & dans des endroits où nous ne pouvons la ſuivre. Ce n'eſt donc que par analogie & par conjecture que nous en pouvons juger: cette voie n'eſt pas la plus sûre pour

arriver au vrai : mais on peut ſe la permettre lorſqu'on n'en a pas de meilleure ; & quand on en uſe avec retenue, elle peut conduire à des découvertes.

PROPOSITION.

Pluſieurs corps peuvent s'attacher enſemble par la preſſion d'un fluide qui les couvre, ou qui les environne de toutes parts.

PREMIERE EXPERIENCE.

PREPARATION.

La piece *A*, *Fig.* 18. eſt un morceau de liége cylindrique, dont la baſe eſt garnie d'une virole, & d'une platine de cuivre mince & bien droite, de maniere que le tout enſemble péſe moins que de l'eau. *B* eſt une piece ſemblable pour la forme, mais qui eſt entiérement de métal. On enduit les deux plans d'une légere couche d'huile d'olives, & après les avoir appliqués exactement l'un ſur l'autre, on les place comme *a*, *b*, au fond d'un grand vaſe que l'on remplit d'eau.

Effets.

Quoique la piece *a* ſoit plus légére qu'un pareil volume d'eau, & que cette légéreté reſpective la ſollicite à ſe ſéparer de la piece *b*, qui eſt retenue par l'excès de ſon poids au fond du vaiſſeau, cependant elle y demeure conſtamment attachée.

Explication.

Cet effet vient de ce que la colomne d'eau qui repoſe perpendiculairement deſſus, n'eſt point contrebalancée par aucune autre qui agiſſe deſſous, à cauſe de l'union étroite des deux ſurfaces. Ce qui prouve que cette raiſon eſt la véritable, c'eſt que ſi l'on enduit d'eau ces deux pieces, au lieu d'huile, pour les joindre, lorſqu'on les remet en expérience, la maſſe d'eau dont on les couvre, ne manque pas de les déſunir, parce qu'elle s'introduit entre les deux, n'y trouvant plus qu'une matiere ſemblable qui ne lui fait point obſtacle, comme une liqueur graſſe.

II. EXPERIENCE.

PREPARATION.

C, *D*, *Fig.* 19. ſont deux boëtes de cuivre dans leſquelles on a maſtiqué deux plaques de marbre bien dreſſées, ou deux glaces de miroir bien épaiſſes. Sur la virole de la boëte *C*, on a pratiqué quatre petits canons à égales diſtances l'un de l'autre, pour recevoir autant de petites broches de bois, que l'on fait excéder le plan de marbre, quand il en eſt beſoin.

EFFETS.

1°. Lorſqu'on a mouillé les deux marbres, & qu'on les a appliqués l'un contre l'autre, en les frottant un peu, pour rendre l'application plus exacte, & pour en chaſſer toutes les particules d'air qui pourroient y être, ces deux plaques ſe ſéparent facilement ſi l'effort ſe fait parallelement à leurs plans.

2°. Mais ſi lorſqu'ils ſont joints l'on enfonce les petites broches de bois pour empêcher qu'ils ne gliſſent, ou qu'on les tire perpendiculairement à

leurs faces, il faut employer une force très-conſidérable pour les ſéparer.

EXPLICATION.

Cette expérience qui eſt fort ancienne, étoit autrefois une des preuves ſur leſquelles on appuyoit l'horreur du vuide; mais depuis qu'on a reconnu l'abus de ces mots qui ne ſignifioient rien, on l'a expliqué méchaniquement, par la preſſion de l'air qui environne les deux plans appliqués. On ſçait que les fluides péſent en tous ſens; cette péſanteur eſt une force qui doit avoir ſon effet, ſi quelque action ou puiſſance contraire ne la tient en équilibre; ces deux plans unis enſemble, & ſoumis au poids de l'atmoſphere, ne doivent ſe porter ni d'un côté ni d'un autre, parce qu'ils ſont également preſſés de toutes parts. Mais chacun d'eux eſt pouſſé contre ſon pareil, & doit y reſter attaché, parce qu'il n'y a point entre les deux plans de réaction qui s'oppoſe au poids de l'air extérieur. C'eſt par une ſemblable raiſon, que les enfans enlévent des

pierres avec une rondelle de cuir mouillé qu'ils appliquent & qu'ils tirent avec une corde. Un parapluye étendu & renverſé contre un terrain uni, fait encore une réſiſtance très-ſenſible quand on le tire bruſquement; & l'on court riſque de rompre une glace qu'on enléve perpendiculairement au plan ſur lequel elle repoſe, s'il eſt fort uni.

Il n'y auroit rien à objecter à cette explication, ſi nos deux marbres, après avoir été joints dans l'air, ſe ſéparoient d'eux-mêmes dans le vuide, comme on le dit communément; mais il faut avouer que quand on procéde avec exactitude, & qu'on évite tous les mouvemens étrangers qui peuvent aider la ſéparation, il arrive très-ſouvent que l'union ſubſiſte encore, après qu'on a raréfié l'air, autant qu'il eſt poſſible de le faire, avec la machine pneumatique la plus exacte. L'adhérence des deux marbres ne fait que diminuer pour l'ordinaire, elle ne ceſſe pas entiérement, & le dégré de force qui lui reſte, & que j'ai tâché de meſurer par des poids, m'a parû dépen-

dre beaucoup de la nature des plans ; de leurs dimenſions, & des matieres interpoſées pour les unir. Voyez la *Figure* 20.

Cet effet mérite d'autant plus d'attention, qu'il a lieu non-ſeulement pour les corps ſolides, mais auſſi pour les liqueurs, M. Hughens * remarqua le premier, que l'eau demeuroit dans le vuide beaucoup plus haut que ſon niveau, & que ce qu'il s'en falloit ne pouvoit être attribué à la petite quantité d'air qu'une bonne pompe laiſſe néceſſairement dans le récipient. Boyle après lui, reconnut la même choſe, & pouſſa l'expérience juſqu'à ſoutenir 75 pouces de mercure dans le tube de Toricelli, c'eſt-à-dire, 47 pouces de plus que le poids de l'atmoſphere ne peut ſoutenir. Une circonſtance qu'il eſt eſſentiel de remarquer, c'eſt que les liqueurs ne demeurent ainſi ſuſpendues, que quand elles touchent immédiatement le haut du vaiſſeau dans lequel elles ſont ; car le moindre petit vuide, ou la plus petite bulle d'air qui s'y rencontre ne manque jamais d'empêcher ou de faire ceſſer

* *Recueil de l'Acad. des Scienc. tom.* 10. p. 529.

cet effet ; de ſorte qu'il ne faut point s'attendre de voir une colomne de mercure de 75 pouces, élevée au-deſſus de ſon niveau dans un tube plus long que cette meſure.

M. Hughens cherchant une explication à ces ſortes de phénomenes, je veux dire l'adhérence des deux marbres, & la ſuſpenſion des liqueurs dans le vuide, ſuppoſe qu'outre l'air groſſier qui environne tous les corps, & qui agit par ſon poids ſur leurs ſurfaces, il y en a encore un autre plus ſubtil qui paſſe où le premier ne peut pénétrer, & à qui les pores mêmes du verre fourniſſent des paſſages aſſez libres, & que c'eſt à la preſſion de ce milieu qu'il faut attribuer une infinité d'effets que nous avons continuellement ſous les yeux, & qu'il eſt impoſſible d'expliquer par l'action de cet air plus connu, dont l'abſence ou l'extrême raréfaction ſe nomme improprement le *vuide*.

Quant à l'exiſtence d'un tel fluide, il y a bien peu de Phyſiciens qui ne l'admettent ; & dans le petit nombre de ceux qui s'obſtinent à la nier, on doit être ſurpris quand il s'en ren-

contre quelques-uns, à qui l'on ne peut conteſter le génie d'obſervation & l'habitude des expériences. Car alors on ne peut pas ſuppoſer qu'ils ignorent les faits qu'on peut citer en faveur de cette opinion. Celui de tous les Philoſophes modernes aux opinions duquel il ſemble que le vuide convînt le mieux, M. Newton n'a point refuſé de reconnoître *un milieu beaucoup plus ſubtil que l'air*, *lequel milieu*, dit-il, *reſte dans le vuide après qu'on en a pompé l'air*. On voit par l'uſage qu'il en fait, par l'étendue qu'il lui donne, par les fonctions qu'il lui attribue, combien il croyoit que cette matiere pouvoit avoir de part dans les opérations les plus ſecretes de la nature. M. Jurin, plus exactement Newtonien que la plûpart des partiſans de la vertu attractive, ne fait nulle difficulté, comme nous l'avons vû ci-deſſus, d'adopter cet air ſubtil, lorſqu'il trouve l'attraction en défaut; & pour s'épargner la peine d'en prouver l'exiſtence, il s'appuye ſur les citations que je viens de rapporter.

Traité de l'Opt. liv. 3. queſt. 18. & ſuiv.

Si ce milieu réſiſtant eſt reconnu

par ceux-mêmes à qui il convenoit le mieux de combattre le ſyſtême du plein, il ſeroit ſuperflu de s'arrêter à prouver combien il eſt digne d'être reçû par tout Phyſicien qui n'admet que des cauſes méchaniques; il ſuffira de dire que depuis Deſcartes, la régle la plus généralement obſervée, a été de chercher à expliquer par le choc ou l'impulſion des fluides inviſibles, tout ce qui ne peut l'être par l'action de l'air ſenſible, ou des autres corps dont nous pouvons voir les opérations.

Ce qui révolte ordinairement ceux qui prennent un autre parti, c'eſt la fécondité des effets, & le grand nombre de propriétés qu'on ſuppoſe dans le détail des phénoménes, à une matiere dont l'exiſtence ſent encore l'hypothéſe.

Il eſt vrai que quelques Philoſophes ont donné carriére à leur imagination, pour expliquer les diverſes fonctions de ces fluides ſubtils; mais quand Deſcartes ſe ſeroit trompé ſur le nombre, & qu'il y en auroit plus ou moins que trois ſortes; quand les mouvemens particu-

liers de leurs parties ſeroient toute autre choſe que les petits tourbillons imaginés par le P. Malbranche ; en un mot, quand on pourroit regarder comme des ſyſtêmes hazardés, tout ce qu'on a dit, touchant la maniére d'être & d'agir de cette matiere qui peut être par tout où les autres fluides plus groſſiers n'ont plus d'accès, s'enſuivroit-il que ſon exiſtence fût auſſi douteuſe ? On eſt parfaitement d'accord à préſent qu'il y a une matiere qui nous éclaire, & qui nous fait voir les objets. Seroit-on en droit de la conteſter, parce qu'il y a différentes opinions ſur la nature de ſes parties, & ſur ſa propagation ?

Au reſte retenons notre imagination, comme il convient, dans un ouvrage où nous nous ſommes propoſés de n'inſtruire que par des faits ; en admettant l'air ſubtil avec preſque tous les Phyſiciens, ne lui attribuons que ce que les phénoménes paroîtront indiquer d'une maniere diſtincte ; & ne ſuppoſons que ce que l'analogie la plus ſimple & la plus conſéquente pourra nous permettre.

L'air ſubtil ſe fait ſentir dans le vuide

vuide de Boyle ; il paſſe donc à travers les pores du verre ; on peut préſumer qu'il pénétre de même tous les corps ſolides.

Mais cette premiere propriété ne le rend-elle pas incapable des effets qu'on lui attribue ? Peut-il contenir un marbre contre un autre, s'il paſſe librement à travers des deux corps ? Peut-il ſoutenir de l'eau ou du mercure, s'il pénétre le haut du vaſe ou du tuyau qui contient l'un ou l'autre de ces deux liquides ?

Cette objection eſt grande, ſans doute ; mais on y répond & d'une maniere ſatisfaiſante, en diſant que l'air ſubtil appliqué à la ſurface d'un corps, n'eſt admis qu'en partie dans les vuides qu'il y trouve, & qu'il agit du reſte ſur les parties ſolides qui s'oppoſent à ſon paſſage, & qui deviennent autant de points d'appui. Tout ce qui peut en arriver, c'eſt que les corps les plus poreux échappent davantage à ſon action, & qu'il en réſulte une moindre adhéſion, ce qui eſt aſſez conforme à l'expérience. Car de deux plaques de métal que j'avois préparées pour être jointes

enſemble, comme les deux marbres de l'expérience précédente, j'en ai percé une de pluſieurs trous & à pluſieurs fois, & j'ai remarqué que l'adhéſion diminuoit, à meſure que j'interrompois davantage la continuité de la ſurface,

Si l'on demande maintenant comment l'air ſubtil ſoutient dans le vuide une liqueur au-deſſus de ſon niveau, nonobſtant la poroſité du verre qui lui permet de paſſer par le haut du tube : je répondrai que l'action de ce fluide eſt parfaitement libre ſur la ſurface du vaſe *AB*, *fig.* 21, mais qu'elle eſt interrompue en-haut, par les parties ſolides du verre, ce qui donne de l'avantage à la preſſion d'en-bas.

Il eſt vrai que les colomnes intermédiaires *ef*, *ef*, *ef*, qui répondent à chacun des pores du verre, ſont ſoumiſes à l'action du fluide, & qu'étant ainſi entre deux preſſions à peu près égales, leur propre poids les ſollicite à tomber. Mais elles ſont retenues par le frottement & l'adhérence des colomnes qui les entourent & qui les preſſent, comme elles le ſont

elles-mêmes par l'air ſubtil; car cet air, en vertu de ſa fluidité, péſe en toutes ſortes de directions, & le tuyau eſt poreux dans toute ſa longueur, comme il l'eſt en la partie convexe de ſon extrémité.

APPLICATIONS.

Les explications que nous venons de donner de l'adhérence des deux marbres, & de la ſuſpenſion des liqueurs au-deſſus de leur niveau dans le vuide de Boyle, nous indiquent d'une maniere aſſez vraiſemblable les cauſes immédiates de la dureté & de la fluidité des corps. S'il y a un air ſubtil qui les pénétre, & qui porte ſon action au-dedans comme au-dehors; ſi cette action a priſe ſur des parties ſolides auſſi minces, auſſi peu étendues que le ſont celles des liqueurs, n'a-t-on pas tout lieu de croire que ce même fluide retient l'une contre l'autre les piéces aſſemblées ſous le même volume, & que l'adhérence qui réſulte de ſa preſſion, devient plus ou moins forte, ſelon la figure des parties qui ſe touchent, la grandeur des ſurfaces, le plus ou le

moins d'exactitude du contact, &c.

On doit concevoir que s'il y avoit une matiére dont les parties les plus ſimples fuſſent taillées de maniere à ſe joindre immédiatement, ſans laiſſer entr'elles aucun intervalle, toute la preſſion de l'air ſubtil agiroit en-dehors de cet aſſemblage ; il faudroit pour le déſunir employer une force ſupérieure au poids de ce fluide environnant ; & qui ſçait quelle devroit être cette force ?

Mais un tel aſſemblage eſt un être de raiſon : tous les corps ſont poreux ; il n'y a que du plus ou du moins : les pieces qui les compoſent ne ſont jointes qu'en partie, & les vuides qui reſtent entr'elles ſont remplis, ſans doute, de ces fluides dans leſquels les corps ont été formés : car pourquoi ſeroient-ils abſolument vuides ? Les concrétions qui ſe font dans l'eau, ne ſont-elles pas toujours humides intérieurement ? Et ne voyons-nous pas ſortir de toutes ſortes de matieres une très-grande quantité d'air, lorſqu'on fait ceſſer les cauſes qui l'y retiennent ? Il y a donc de l'air ſubtil dans tous les corps, &

il y en a d'autant plus, que leur poroſité eſt mieux proportionnée à la ſubtilité de ce fluide ; car il pourroit ſe faire qu'un corps plus compacte contînt autant ou plus d'air ſubtil qu'un autre corps plus poreux, ſi celui-ci admettoit avec ce fluide ; quelque choſe de plus groſſier, comme l'air ou l'humidité de l'atmoſphere.

Plus il y a d'air ſubtil dans l'intérieur d'un corps, moins ce corps eſt dur ; parce qu'alors les parties ſolides qui le compoſent, ſe touchent par moins de ſurface, & que la preſſion du dehors eſt plus ſoutenue par celle que le fluide tranſmet au-dedans. Quand la cire, par exemple, s'amolit ſenſiblement, c'eſt que l'air ſubtil dont elle eſt pénétrée, dilaté par la chaleur, dilate de même les eſpaces qu'il occupe ; & comme ces eſpaces ne peuvent s'augmenter que par l'écartement des parties ſolides qui les entourent ; le contact de celles-ci devient plus rare, leur jonction moins exacte, leur cohérence moins forte.

La dilatation des pores non-ſeule-

ment fait augmenter la preſſion que l'air ſubtil tranſmet au-dedans des corps, en lui fourniſſant une baſe plus large, mais elle fait naître des communications d'interſtices à interſtices ; tel pore iſolé entre des parties ſolides, s'ouvre & laiſſe un accès libre au fluide qui les ſépare ; de-là il arrive des diviſions & des ſubdiviſions, qui font paroître la maſſe totale, ſous différens dégrés de molleſſe, juſqu'à ce qu'enfin les parties diviſées, autant qu'elles peuvent l'être par l'état actuel du fluide, & ne ſe touchant preſque plus, ſont diſpoſées à ſe mouvoir indépendamment les unes des autres, ce que l'on appelle *être liquide*.

Mais comme tous les corps ne ſont point également poreux, que leurs parties n'ont point la même figure, & qu'elles ſe touchent & s'arrangent d'une infinité de maniéres différentes, auſſi le degré de dureté n'eſt pas le même dans tous, & ne ſe perd pas avec la même facilité. La chaleur qui regne ordinairement dans nos climats, ſuffit pour faire couler l'eau ; il en faut davantage pour rendre la

cire liquide, & beaucoup plus encore pour mettre les métaux en fuſion.

Quand les corps ſont parvenus à l'état de liquidité, leurs molécules ou parties intégrantes conſervent leur dureté naturelle, parce qu'elles ſont comprimées de toutes parts, & qu'elles n'ont rien au-dedans d'elles-mêmes qui s'oppoſe à cette preſſion du fluide environnant.

Je ne prétens point pour cela qu'elles ſoient indiviſibles, ni même inflexibles abſolument. Les élémens qui les compoſent, comme les deux marbres polis, peuvent peut-être gliſſer parallélement à leurs plans, changer de figure, & même ſe ſéparer.

Mais ce que je dis ici pour les parties, ne devient-il pas une objection contre la dureté totale du volume ? ſi pluſieurs lames gliſſent aiſément, & ſe ſéparent de même, quand on les tire parallélement à leurs plans, ne ſemble-t-il pas que la preſſion de l'air ſubtil ne devroit rendre les corps durs que dans un ſens, & relativement à une force employée ſeulement dans une direction perpendiculaire au plan de contact ?

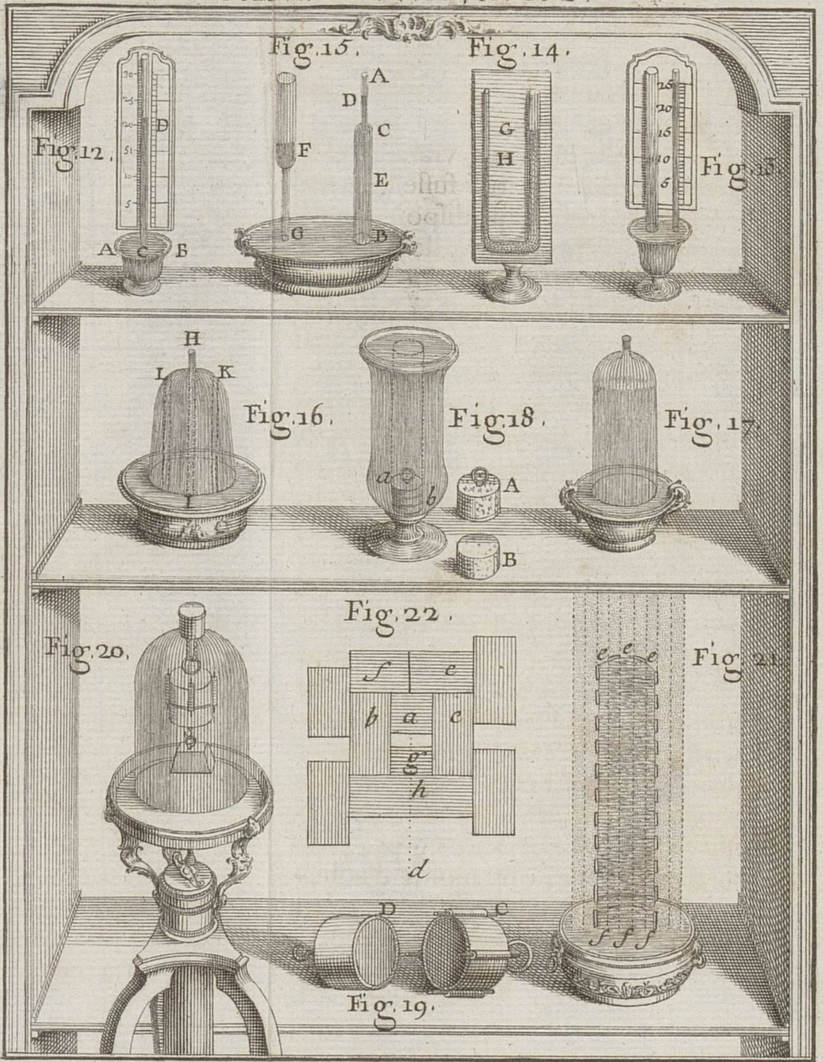
Cette objection auroit toute ſa force, s'il s'agiſſoit d'un corps qui n'eût que deux ou trois parties ſolides, couchées parallélement les unes ſur les autres; mais cette ſuppoſition n'a pas lieu, même dans les plus petits volumes de matiére. Combien de piéces au contraire n'attribue-t-on pas à ces petites portions de matiére, que l'art, & la nature même ne diviſe plus ? & que de poſitions différentes ne peut-on pas croire qu'elles affectent ? Prenons pour exemple cet aſſemblage groſſier qui eſt repréſenté par la *Fig.* 22. Il eſt vrai que la piéce *a* gliſſeroit avec facilité dans la direction *a d*, ſi elle ne tenoit qu'aux deux autres piéces *b*, *c* ; mais ce mouvemeut eſt perpendiculaire aux ſurfaces d'*f* & d'*e*, & pour l'en ſéparer, il faut vaincre la preſſion qui la retient. La piéce *g* pourroit de même ſe mouvoir facilement vers *a*, ſi ſon adhérence en *h* ne s'y oppoſoit. On peut juger par-là de ce qui arrive dans la compoſition naturelle des corps, où le grand nombre des parties, & les différens ordres qu'elles prennent, font naître la dureté en toutes ſortes de directions.

De cette réponſe même il naît une autre difficulté qu'il faut prévenir. Si les corps, dira-t-on, ne ſont durs de tous côtés, que parce qu'ils ſont compoſés d'un grand nombre de parties différemment arrangées, il devroit s'enſuivre que la dureté en tous ſens diminue, à meſure qu'on diviſe les corps, & que les plus petites maſſes ſont plus faciles à diviſer que les plus grandes ; ce qui eſt bien contraire aux idées que l'on a de la diviſibilité des corps, qui paroît être d'autant plus difficile, qu'elle eſt portée plus loin.

1°. Il ne s'agit point ici du plus grand nombre, il ne faut qu'un nombre ſuffiſant de parties, & arrangées de façon qu'il y ait toujours quelqu'une de leurs ſurfaces appliquées perpendiculairement à la direction d'une force extérieure, employée pour les déſunir ; & l'on ne peut citer aucune diviſion pratiquée, ou praticable, qui nous interdiſe cette ſuppoſition ; l'idée que l'on a, & que l'on doit avoir en Phyſique, du nombre prodigieux de parties contenues ſous le plus petit volume de matiére, qui

puiſſe être ſoumis à nos épreuves, doit nous mettre à couvert de tout reproche à cet égard.

2°. Quand il ſeroit vrai que les corps infiniment petits fuſſent compoſés de parties plus diſpoſées à la diviſion, ſoit parce qu'elles préſentent moins de ſurface à la preſſion extérieure qui les contient, ſoit parce qu'un arrangement plus ſimple leur permet de gliſſer l'une ſur l'autre; comment le ſçaurions-nous ? Nous jugeons de la dureté des corps par la difficulté que nous éprouvons à les diviſer : à meſure que les moyens nous manquent pour opérer cette diviſion, fût-elle plus facile en elle-même, c'eſt-à-dire, de la part du corps diviſible, nous en jugeons autrement, & ce corps nous paroît d'autant plus dur, que nos efforts ont moins de priſe ſur lui. Lorſque nous ſéparons deux marbres adhérens, en les faiſant gliſſer l'un ſur l'autre, la facilité avec laquelle ſe fait cette ſéparation, vient-elle de ce que ces deux corps, proportion gardée, ont moins d'adhérence enſemble, que d'autres corps très-petits & appliqués de même ?



Moreau Sculp.

Ne vient-elle pas plutôt de ce que nous pouvons facilement y appliquer des forces qui les tirent en ſens contraires ? Ainſi la dureté des corps, que nous regardons comme actuellement indiviſibles, pourroit bien n'être qu'égale, & peut-être inférieure à celle d'une plus grande maſſe de la même matiére, quoiqu'à notre égard elle ſoit exceſſive, parce que nous ne connoiſſons aucun agent qui puiſſe l'entamer.

Les deux états oppoſés, je veux dire la ſolidité & la fluidité, dépendent donc de la même cauſe; c'eſt l'air ſubtil qui fixe les parties d'une matiére, lorſque ſa preſſion extérieure excéde la réaction qu'il fait en-dedans; & c'eſt ce même fluide qui rend & entretient les parties mobiles, en s'introduiſant entr'elles en ſuffiſante quantité. C'eſt pour cela ſans doute que toutes les matiéres, qui paſſent d'un état à l'autre, changent de grandeur; car puiſqu'un corps ſolide devient fluide, par l'introduction d'une matiére étrangére qui le pénétre en plus grande quantité, & qu'il ne revient à ſa premiére conſiſtance, que

quand cette matiére ceſſe de le dilater ; il eſt bien naturel qu'il occupe plus de place étant liquide, que lorſqu'il eſt ſolide. C'eſt auſſi ce qui arrive ordinairement, & j'en ferai connoître des exemples très-curieux en traitant du Feu. C'eſt-là la régle générale, elle a pourtant quelques exceptions remarquables, dont je parlerai ailleurs.

Des matiéres qui tiennent leur liquidité de l'air ſubtil, la communiquent par elles-mêmes à des corps ſolides. L'eau, par exemple, amollit la terre, & la convertit en boue : elle déſunit les parties du ſel, du ſucre, &c. L'eſprit de vin & les huiles diſſolvent les gommes & les bitumes; le mercure s'amalgame avec le plomb, l'étain, l'or & l'argent : mais comme la fluidité n'eſt qu'une maniére d'être, auſſi-tôt que la cauſe ceſſe, que le diſſolvant s'évapore, ce qu'il avoit rendu fluide revient ordinairement à ſa premiére conſiſtance.

Tous ces effets ſont autant de moyens que les arts ont ſçû tourner à leur profit ; je n'en veux citer que deux exemples.

La dorure qu'on nomme d'*or moulu*, eſt certainement la plus belle & la plus durable de toutes celles qui ſont en uſage. C'eſt de l'or extrémement diviſé, dont les parties ſont comme enchaſſées dans les pores mêmes du métal, ſur lequel on l'a appliqué ; & voici comment cela s'exécute. On met une certaine quantité d'or fin dans du mercure ; ces deux métaux s'uniſſent de maniére que l'un communiquant une partie de ſa fluidité à l'autre, ce mélange devient comme une pâte qu'on nomme *amalgame* : on applique & l'on étend cette préparation ſur la piéce qu'on veut dorer, & enſuite par l'action du feu on fait évaporer le mercure, l'or qui eſt fixe demeure ; & les pores du métal doré, qui ſe ſont dilatés par la chaleur, & qui ſe reſſerrent en ſe refroidiſſant, retiennent, comme autant de petits chatons, les parcelles d'or qui s'y ſont placées.

La gomme lacque, le ſandarac, le maſtic en larmes, &c. ſe diſſolvent, & s'étendent dans l'eſprit de vin ; le karabé ou ſuccin, & la gomme copal s'amolliſſent & ſe fondent dans l'hui-

le de lin, & s'étendent enſuite dans l'huile graſſe & l'eſprit de térébenthine. Toutes ces diſſolutions qu'on nomme *vernis*, s'appliquent ſur le bois, ou ailleurs; & lorſque le diſſolvant eſt évaporé, les gommes qu'il avoit rendues liquides, reprennent leur dureté & leur brillant.

On voit donc par ces exemples, que la liquidité ne change rien par elle-même à la nature des corps. Si leur cohérence eſt telle, qu'elle ne puiſſe céder qu'à une action violente de la part du diſſolvant, il peut ſe faire qu'il leur enléve quelque partie de leur ſubſtance, mais c'eſt un accident, & non pas une ſuite néceſſaire de la liquidité en général.

Il y a des cas où l'on voit ceſſer ou diminuer la liquidité, ſans que la cauſe, qui l'avoit fait naître, paroiſſe ceſſer d'agir. Deux liqueurs mêlées enſemble, prennent tout d'un coup une conſiſtance plus ou moins grande, quoiqu'on n'y remarque aucun degré de refroidiſſement ſenſible; cet effet, qu'on appelle communément *coagulum*, peut s'expliquer, en ſuppoſant que les parties ſont de telles figu-

res, qu'elles s'embarraſſent réciproquement, & qu'elles font ceſſer entr'elles cette mobilité, en quoi conſiſte principalement l'état de liqueur. Le plus beau *coagulum* que je connoiſſe, c'eſt celui qui ſe fait avec l'huile de chaux & l'huile de tartre par défaillance ; quand on remue un peu ce mélange avec une petite ſpatule, il ſe convertit en une maſſe blanche, à qui l'on fait prendre la forme que l'on veut, & qui ſe durcit comme de la cire. On coagule auſſi un eſprit volatil urineux fort ſubtil, avec de l'eſprit de vin bien rectifié ; le blanc d'œuf, avec l'eſprit de ſel ; le ſang, avec de l'eau de vie. Cette derniére expérience apprend de quelle importance il eſt d'uſer ſobrement des liqueurs ſpiritueuſes, puiſqu'elles ſont capables d'altérer la fluidité du ſang,

Quelque vraiſemblable que puiſſe paroître l'explication de la dureté & de la fluidité des corps, établie ſur l'action d'un fluide preſque généralement reconnu, quoique ſous différens noms ; je ne dois pas diſſimuler cependant que pluſieurs Phyſiciens refuſent de l'admettre, & lui en

ſubſtituent une autre. « L'attraction
» réciproque des particules de ma-
» tiére, diſent-ils, eſt très-grande,
» lorſqu'elles ſe touchent ; mais hors
» du point de contact elle décroît tel-
» lement, qu'à la plus petite diſtan-
» ce ſenſible, elle ſe convertit en for-
» ce répulſive, * Les corps ſont ſoli-
» des, tant que la vertu attractive
» de leurs parties eſt plus forte que
» la vertu répulſive que la chaleur
» leur donne ordinairement : mais ils
» s'amolliſſent à meſure que la vertu
» répulſive devient plus forte, de ſor-
» te que quand cette force l'emporte
» ſur l'attraction, non-ſeulement la
» maſſe devient liqueur, mais elle ſe
» convertit ſouvent en un fluide qui
» s'évapore *. »

* *s'Graveſ. Phyſ. Elem. mathem. p. 18. édit. 1742.*

* *Ib. p. 662.*

M. s'Graveſande, & ceux qui comme lui ſuivent exactement l'eſprit de M. Newton, ne donnent ces loix que comme des phénoménes, *Hoc nomine phenomenon, non cauſam deſignamus* *. Ils ne font nulle difficulté d'avouer que ces ſortes d'effets peuvent venir de quelque impulſion ; *& ſi fortè hoc per impulſum fiat* *. Et nous ne devons pas douter qu'ils ne reçoivent

* *Ib. p. 18.*

* *Ibid.*

çoivent la preſſion de l'air ſubtil & ſes effets, au moins comme une hypothéſe très-probable. Les prétentions des Cartéſiens ne vont guéres au-delà; ainſi l'on peut dire qu'ils ſont à peu près d'accord avec ces premiers défenſeurs des attractions.

Quant à ceux qui regardent les vertus attractives & répulſives comme des principes, qui n'ont point de cauſe phyſique, ils ne prétendent point ſans doute que ce ſoit une choſe démontrée, ce n'eſt qu'une ſuppoſition qu'ils établiſſent ſur des vraiſemblances & des probabilités. S'il étoit vrai que l'on n'eût pas des raiſons plus fortes pour admettre l'air ſubtil, j'aurois encore à dire, hypothéſe pour hypothéſe, je crois qu'il eſt plus ſûr de raiſonner ſur des principes méchaniques & bien intelligibles, que de s'appuyer ſur des nouveautés qui ne ſe préſentent pas ſous des idées familiéres à l'eſprit.

Au reſte le principe des attractions, dans le détail des phénoménes, a-t-il donc des applications auſſi heureuſes qu'on pourroit ſe l'imaginer? Il a

beaucoup perdu de ſa ſimplicité, en paſſant des mains de M. Newton dans celles de ſes diſciples. Dans les mouvemens céleſtes cette force agiſſant en raiſon directe des maſſes, & en raiſon inverſe du quarré de la diſtance, ſuffit à tout, & fournit des raiſons pour expliquer toutes ces grandes révolutions qui animent l'univers, rien n'eſt ſi beau. Mais quand il s'agit des phénoménes ſublunaires, de ces effets que nous voyons de plus près, & dont l'examen nous eſt plus facile, la vertu attractive eſt un Prothée qui change ſouvent de forme. Les rochers & les montagnes ne donnent aucun ſigne ſenſible d'attraction. « C'eſt, » dit-on, que ces petites attractions » particuliéres ſont comme abſor» bées par celle du globe terreſtre qui » eſt infiniment plus grande. » Cependant on nous donne comme un effet de la vertu attractive, la mouſſe qui flotte ſur une taſſe de caffé, & qui ſe porte avec une précipitation très-ſenſible vers les bords du vaſe. « Plus les parties d'un corps ſe tou» chent, plus elles s'attirent. » Pour-

quoi donc, lorſqu'on les approche davantage en les comprimant, tendent-elles pour la plûpart à ſe remettre comme elles étoient avant la compreſſion, (j'entends une compreſſion égale de toute part, qui ne change que la grandeur, & non la figure). « C'eſt qu'après s'être attirées autant qu'elles le peuvent, elles ſe repouſſent mutuellement. » Pourquoi les vapeurs dilatées ont-elles tant de force? « C'eſt que les parties qui s'attiroient, ſous l'état de liqueur, ſe repouſſent avec violence ſous celui de vapeurs ». Puiſque la vertu attractive eſt une force répartie à tout ce qui eſt matiére, pourquoi certains corps, comme l'eau & l'huile, ne peuvent-ils point s'unir enſemble? » C'eſt qu'il y a des matiéres qui ſe repouſſent naturellement, &c.

Ce langage eſt-il bien celui d'une bonne Phyſique, & ne devons-nous pas craindre qu'en nous y accoutumant, & qu'en mettant ainſi les attractions & répulſions à toutes ſortes d'uſage, on ne ſe diſpenſe trop légé-

rement des recherches ſi néceſſaires aux progrès de nos connoiſſances, & qu'on ne s'interdiſe de cette maniére pluſieurs découvertes qui en ſeroient le fruit.

Fin du ſecond Tome.

TABLE DES MATIERES

Contenues dans le ſecond Volume.

V. LEÇON.

Sur le Mouvement compoſé, & ſur les Forces centrales.

PREMIERE SECTION. Du Mouvement compoſé. *pag.* 1.
Loi du Mouvement compoſé.
I. Experience qui fait voir qu'un Corps qui éprouve en même tems l'action de deux puiſſances oppoſées directement, obéit à la plus forte des deux, ſuivant l'excès de ſa force. 10.
II. Exp. qui prouve qu'un Mobile, qui obéit à deux forces qui ne ſont pas directement oppoſées, prend une direction moyenne entre l'une & l'autre. 13.
III. Exp. qui prouve que le même effet a lieu, quand les deux forces n'ont point une action continue. 19.
IV. Exp. pour prouver que le Mouvement compoſé ſe fait dans une ligne courbe, quand les puiſſances compoſantes chan-

gent continuellement de rapport entre elles. 26.
V Exp. pour confirmer la Propoſition précédente. 31.
SECONDE SECT. des Forces centrales. 37.
I. Exp. pour prouver que le Mouvement circulaire fait naître la Force centrifuge, & que cette Force augmente à proportion de la vîteſſe. 43.
II. Exp. qui fait voir que la Force centrifuge a lieu dans les Fluides qui ſe meuvent circulairement. 46.
III. Exp. par laquelle on voit que la Force centrifuge des Fluides augmente à proportion de leur denſité. 57.
IV. Exp. imaginée par Deſcartes, pour appuyer ſon hypothéſe ſur la cauſe phyſique de la Péſanteur. 63.
V. Exp. qui prouve que la Force centrifuge eſt comme la maſſe multipliée par la vîteſſe du Mobile qui circule. 80.
VI. Exp. dans laquelle on voit un Mobile décrire une ligne ſpirale, par les changemens de rapports des Forces centrales. 92.
VII. Exp. dans laquelle on voit un Mobile décrire une Ellipſe, par les différens rapports que prennent entre elles les Forces centripéte & centrifuge, pendant ſa révolution. 94.

VI. LEÇON.

Sur la gravité, ou péſanteur des Corps.

PREMIERE SECT. Des Phénoménes où la

Péſanteur agit ſeule ſur le mobile. 103.
I. Exp. par laquelle on voit qu'il n'y a point de Corps abſolument léger. 106.
II. Exp. pour prouver que la Péſanteur eſt égale dans tous les Corps. 128.
III. Exp. Effet ſingulier de l'Eau dans le vuide. 136.
IV. Exp. qui prouve que les Corps tombent par un mouvement accéléré. 156.
V. Exp. qui prouve que l'accélération des Corps graves, leur donne une vîteſſe proportionnelle à la hauteur de leur chûte. 158.
VI. Exp. pour prouver que l'accélération de la chûte des Corps graves, ſe fait ſuivant les nombres impairs. 1, 3, 5, 7, &c. 161.
SECONDE SECT. Des Phénoménes où le Mouvement eſt composé de la Péſanteur, & de quelque autre puiſſance. 172.
Art. I. de la chûte des Corps par des plans inclinés. 176.
I. Exp. par laquelle on prouve que le temps de la chûte par le plan incliné, eſt à celui de la chûte libre & verticale, comme la longueur du plan eſt à ſa hauteur. 181.
II. Exp. par laquelle on voit qu'un Mobile qui tombe par la corde quelconque d'un cercle, met autant de temps que pour deſcendre par le diamétre vertical du même cercle. 183.
III. Exp. qui fait voir qu'un Corps grave en tombant, acquiert toute la vîteſſe qu'il lui faut pour remonter auſſi haut que l'endroit d'où il eſt parti. 192.
IV. Exp. pour faire connoître le rapport qu'il y a entre le tems de la vibration

d'un Pendule, & la longueur de ce même Pendule. 200.
Art. II. Du mouvement des Corps cauſé par la Péſanteur & par une force active & uniforme. 212.
V. Exp. pour faire voir que la Force projectile agiſſant avec la péſanteur ſur un même Mobile, lui fait décrire une courbe parabolique. 217.

VII. LEÇON.

Sur l'Hydroſtatique.

PREMIERE SECT. De la péſanteur & de l'équilibre des Liqueurs, dont les parties ſont homogènes. 227.
I. Propos. Les Liqueurs péſent non-ſeulement quant à leur maſſe totale, mais encore en elles-mêmes, c'eſt-à-dire, quant aux parties qui les compoſent. *ibid.*
I. Exp. qui prouve la Propoſition précédente. 229.
II. Propos. Les parties d'une même Liqueur exercent leur péſanteur indépendamment les unes des autres. 233.
II. Exp. qui ſert de preuve à cette Propoſition. 234.
III. Propos. Les Liqueurs exercent leur péſanteur en toutes ſortes de ſens. 242.
III. Exp. qui le prouve.
IV. Exp. qui confirme la même Propoſition. 247.
IV. Propos. Les parties d'une même Liqueur ſont en équilibre entre elles, ſoit dans un ſeul vaiſſeau, ſoit dans plu-

ſieurs qui communiquent enſemble. 252.
V. Exp. du Syphon renverſé. 254.
VI. Exp. des vaiſſeaux communicans. 255.
V. Propos. Les Liqueurs exercent leur péſanteur, tant perpendiculaire que latérale, non en raiſon de leur quantité, mais en raiſon de la hauteur au-deſſus du plan horiſontal, & de la largeur de la baſe qui s'oppoſe à leur chûte. 262.
VII. Exp. qui prouve cette propoſition dans toutes ſes parties. 263.
SECONDE SECT. De la péſanteur & de l'équilibre de pluſieurs Liqueurs, dont les denſités ſont différentes. 278.
I. Propos. La différence du poids ou de la denſité, ſuffit pour ſéparer les parties de deux Liqueurs qu'on a mêlées enſemble, ſi d'autres cauſes plus fortes n'empêchent cet effet. 280.
I. Exp. du paſſe-vin. *ibid.*
II. Exp. du tube rempli de différentes Liqueurs, qui reprennent leurs places quand on les a mêlées. 282.
II. Propos. Pluſieurs Liqueurs, ou pluſieurs Fluides, quoique de natures différentes, péſent les uns ſur les autres, en raiſon de leur denſité & de leur hauteur. 288.
III. Propos. Deux Liqueurs de denſités différentes, ſont en équilibre, lorſqu'ayant la même baſe, leurs hauteurs perpendiculaires à l'horiſon, ſont en raiſon réciproque de leurs denſités, ou péſanteurs ſpécifiques. *ibid.*
III. Exp. du Syphon renverſé, dans lequel on compare une colomne de mer-

cure avec une colomne d'eau. 289.
IV. Propos. L'air eſt un fluide péſant qui exerce ſa preſſion dans tous les ſens, à la maniére des Liqueurs. 294.
IV. Exp. avec le tube de *Toricelli.* 295.
V. Exp. avec le tube de *Paſchal.* Hiſtoire du Barométre, & ſon uſage. 301. *& ſ.*
VI. Exp. qui prouve que le poids de l'Air eſt la cauſe de l'aſcenſion des Liqueurs dans les tuyaux où l'on fait le vuide. 309.
VII. Exp. qui fait voir que le poids de l'Air fait monter les Liqueurs d'autant moins haut qu'elles ſont plus denſes. 312.
VIII. Exp. qui prouve que les pompes aſpirantes n'agiſſent qu'en vertu du poids de l'atmoſphére. 317.
IX. Exp. qui prouve la preſſion latérale de l'Air. 320.
X. Exp. par laquelle on fait voir que l'Air exerce ſa preſſion de bas en haut. 323.
XI. Exp. dans laquelle on fait voir & l'on explique l'effet des Syphons. 326.
XII. Exp. qui confirme l'explication des Syphons, & qui fait voir un jet d'eau au deſſus de ſa ſource. 328.

VIII. LEÇON.

Suite de l'Hydroſtatique.

TROISIEME SECT. De la péſanteur & de l'équilibre des Solides plongés dans les Liqueurs. 335.
I. Propos. Un Corps ſolide entiérement plongé, eſt comprimé de tous côtés par la Liqueur qui l'entoure, & la preſſion

qu'il éprouve eſt d'autant plus grande, que la Liqueur a plus de denſité, & qu'il eſt plus profondément plongé. 337.
I. Exp. qui prouve cette propoſition dans toutes ſes parties. 338.
II. Propos. Si le Corps plongé eſt plus péſant que le volume de Liqueur qu'il a déplacé, ſa péſanteur reſpective le fait tomber au fond du vaſe, s'il eſt libre de lui obéir. 346.
II. Exp. qui ſert de preuve à cette propoſition. 347.
Conſéquence de cette propoſition. 351.
III. Exp. de la balance dans le vuide. 352.
III. Propos. Ce qu'un ſolide plongé perd de ſon poids, eſt égal à celui du volume de Liqueur déplacé. 354.
IV. Exp. qui prouve cette propoſition. 355.
Premiere conſéquence de cette propoſition. 356.
V. Exp. qui confirme cette premiére conſéquence. 357.
Seconde Conſéquence. 359.
VI. Exp. qui la confirme. *ibid.*
Troiſiéme Conſéquence. 361.
VII. Exp. qui la confirme. *ibid.*
VIII. Exp. qui prouve encore la même choſe. 363.
IV. Propos. Si le Corps ſolide eſt moins péſant qu'un pareil volume de la Liqueur dans laquelle il eſt plongé, il ſurnage en partie, ce qui reſte plongé meſure une quantité de Liqueur qui péſe autant que le corps entier. 374.
IX. Exp. qui prouve cette propoſition. 375.
Conſéquences de cette propoſition. 376.

X. Exp. Effets & explications de l'Aræométre. 377.
De la Balance hydroſtatique, & de ſes uſages. 381.
Premier uſage. Connoître la péſanteur ſpécifique d'une Liqueur. 382.
Second uſage. Comparer les péſanteurs ſpécifiques de deux Liqueurs. 385.
Troiſiéme uſage. Comparer les gravités ſpécifiques de deux Corps ſolides. 386.
Quatriéme uſage. Comparer la gravité ſpécifique d'un Corps ſolide avec celle d'une Liqueur. 387.
Remarques ſur l'Aræométre, ou Péſe-liqueurs. 388.
Table alphabétique des Matiéres les plus connues, tant ſolides que fluides, dont on a éprouvé la péſanteur ſpécifique. 393.
Appendice touchant les Tuyaux Capillaires, & les cauſes immédiates de la fluidité & de la ſolidité des Corps. 397.
I. Exp. dans laquelle on voit la premiére propriété des Tubes capillaires. 399.
II. Exp. qui fait connoître la ſeconde propriété des Tubes capillaires. 400.
III. Exp. où l'on voit la troiſiéme propriété des Tubes capillaires. 401.
IV. Exp. qui fait connoître la quatriéme propriété des Tuyaux capillaires, *ibid.*
Différentes explications de ces effets. 403. *& ſuiv.*
Art. II. Sur les cauſes de la fluidité & de la dureté des Corps. 442.
Propos. Pluſieurs Corps peuvent s'attacher enſemble par la preſſion d'un fluide

qui les couvre, ou qui les environne de toutes parts. 447.
I. Exp. qui ſert de preuve à cette propoſition. *ibid.*
II. Exp. qui prouve encore cette même Propoſition, & qui donne lieu d'en rapporter pluſieurs autres, ſur leſquelles on établit l'explication de la fluidité & de la dureté des Corps. 449.

Fin de la Table des Matiéres.

Extrait des Regiſtres de l'Académie Royale des Sciences, du 28. Juin 1743.

MEſſieurs DE REAUMUR & DE FOUCHY ayant examiné par ordre de l'Académie, les huit premieres Leçons de Phyſique expérimentale de M. l'Abbé Nollet, & en ayant fait leur rapport, l'Académie a jugé cet Ouvrage digne de l'impreſſion. En foi de quoi j'ai ſigné le préſent Certificat. A Paris le 22. Juillet 1743.

DORTOUS DE MAIRAN, Sec. perp. de l'Acad. Royale des Sciences.

PRIVILEGE DU ROI.

LOUIS, par la grace de Dieu, Roi de France & de Navarre: A nos amés & féaux Conſeillers, les Gens tenans nos Cours de Parlement, Maîtres des Requêtes ordinaires de notre Hôtel, grand Conſeil, Prevôts de Paris, Baillifs, Sénéchaux, leurs Lieutenans Civils, & autres nos Juſticiers, qu'il appartiendra, SALUT. Notre ACADEMIE ROYALE DES SCIENCES Nous a très-humblement fait expoſer, que depuis qu'il Nous a plû lui donner par un Réglement nouveau de nouvelles marques de notre affection, Elle s'eſt appliquée avec

plus de ſoin à cultiver les Sciences, qui ſont l'objet de ſes exercices; enſorte qu'outre les Ouvrages qu'elle a déja donnés au Public, Elle ſeroit en état d'en produire encore d'autres, s'il Nous plaiſoit lui accorder de nouvelles Lettres de Privilége, attendu que celles que Nous lui avons accordées en date du ſix Avril 1693. n'ayant point eû de tems limité, ont été déclarées nulles par un Arrêt de notre Conſeil d'Etat du 13. Août 1704. celles de 1713. & celles de 1717. étant auſſi expirées; & déſirant donner à notredite Académie en corps & en particulier, & à chacun de ceux qui la compoſent, toutes les facilités & les moyens qui peuvent contribuer à rendre leurs travaux utiles au Public, Nous avons permis & permettons par ces Préſentes à notredite Académie, de faire vendre ou débiter dans tous les lieux de notre obéïſſance, par tel Imprimeur ou Libraire qu'elle voudra choiſir, *Toutes les Recherches ou Obſervations journalieres, ou Relations annuelles de tout ce qui aura été fait dans les aſſemblées de notredite Académie Royale des Sciences; comme auſſi les Ouvrages, Mémoires, ou Traités de chacun des Particuliers qui la compoſent, & généralement tout ce que ladite Académie voudra faire paroître, après avoir fait examiner leſdits Ouvrages, & jugé qu'ils ſont dignes de l'impreſſion*; & ce pendant le tems & eſpace de quinze années conſécutives, à compter du jour de la date deſdites Préſentes. Faiſons défenſes à toutes ſortes de perſonnes de quelque qualité & condition qu'elles ſoient, d'en introduire d'impreſſion étrangére dans aucun lieu de notre

obéiſſance : comme auſſi à tous Imprimeurs-Libraires, & autres, d'imprimer, faire imprimer, vendre, faire vendre, débiter ni contrefaire aucun deſdits Ouvrages ci-deſſus ſpécifiés, en tout ni en partie, ni d'en faire aucuns extraits, ſous quelque prétexte que ce ſoit, d'augmentation, correction, changement de titre, feuilles même ſéparées, ou autrement, ſans la permiſſion expreſſe & par écrit de notredite Académie, ou de ceux qui auront droit d'Elle, & ſes ayans cauſe, à peine de confiſcation des Exemplaires contrefaits, de dix mille livres d'amende contre chacun des Contrevenans, dont un tiers à Nous, un tiers à l'Hôtel-Dieu de Paris, l'autre tiers au Dénonciateur, & de tous dépens, dommages & intérêts : à la charge que ces Préſentes ſeront enregiſtrées tout au long ſur le Regiſtre de la Communauté des Imprimeurs & Libraires de Paris, dans trois mois de la date d'icelles ; que l'impreſſion deſdits Ouvrages ſera faite dans notre Royaume & non ailleurs, & que notredite Académie, ſe conformera en tout aux Réglemens de la Librairie, & notamment à celui du 10. Avril 1725. & qu'avant que de les expoſer en vente, les Manuſcrits ou Imprimés qui auront ſervi de copie à l'impreſſion deſdits Ouvrages, ſeront remis dans le même état, avec les Approbations & Certificats qui en auront été donnés, ès mains de notre trés-cher & féal Chevalier Garde des Sceaux de France, le ſieur Chauvelin : & qu'il en ſera enſuite remis deux Exemplaires de chacun dans notre Bibliothéque publique, un dans celle de notre

Château du Louvre, & un dans celle de notre très-cher & féal Chevalier Garde des Sceaux de France le ſieur Chauvelin : le tout à peine de nullité des Préſentes : du contenu deſquelles vous mandons & enjoignons de faire jouir notredite Académie, ou ceux qui auront droit d'Elle & ſes ayans cauſe, pleinement & paiſiblement, ſans ſouffrir qu'il leur ſoit fait aucun trouble ou empêchement : Voulons que la Copie deſdites Préſentes qui ſera imprimée tout au long au commencement ou à la fin deſdits Ouvrages, ſoit tenue pour dûement ſignifiée, & qu'aux Copies collationnées par l'un de nos amés & féaux Conſeillers & Sécrétaires foi ſoit ajoutée comme à l'Original : Commandons au premier notre Huiſſier ou Sergent de faire pour l'exécution d'icelles tous actes requis & néceſſaires, ſans demander autre permiſſion, & nonobſtant clameur de Haro, Charte Normande & Lettres à ce contraires : Car tel eſt notre plaiſir. Donné à Fontainebleau le douziéme jour du mois de Novembre, l'an de grace mil ſept cent trente-quatre, & de notre regne le vingtiéme. Par le Roi en ſon Conſeil. *Signé*, SAINSON.

Regiſtré ſur le Regiſtre VIII. de la Chambre Royale & Syndicale des Libraires & Imprimeurs de Paris, num. 792. fol. 775. conformément aux Réglemens de 1723. qui font défenſes, art. IV. à toutes perſonnes de quelque qualité & condition qu'elles ſoient, autres que les Libraires & Imprimeurs, de vendre, débiter & faire diſtribuer aucuns Livres pour les vendre en leur nom, ſoit qu'ils s'en diſent les Auteurs ou autrement, & à la charge de fournir les exemplaires preſcrits par l'art. CVIII. du même Réglement. A Paris le 15. Novembre 1734. G. MARTIN, Syndic.

es to

LECONS
DE
PHISIQ

TOM II.

inches | centimeters

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11 (A)	12	13	14	15
L*	39.12	65.43	49.87	44.26	55.56	70.82	63.51	39.92	52.24	97.06	92.02	87.34	82.14	72.06	62.15
a*	13.24	18.11	-4.34	-13.80	9.82	-33.43	34.26	11.81	48.55	-0.40	-0.60	-0.75	-1.06	-1.19	-1.07
b*	15.07	18.72	-22.29	22.85	-24.49	-0.35	59.60	-46.07	18.51	1.13	0.23	0.21	0.43	0.28	0.19
Density →										0.04	0.09	0.15	0.22	0.36	0.51

	16 (M)	17	18 (B)	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
L*	49.25	38.62	28.86	16.19	8.29	3.44	31.41	72.46	72.95	29.37	54.91	43.96	82.74	52.79	50.87
a*	-0.16	-0.18	0.54	-0.05	-0.81	-0.23	20.98	-24.45	16.83	13.06	-38.91	52.00	3.45	50.88	-27.17
b*	0.01	-0.04	0.60	0.73	0.19	0.49	-19.43	55.93	68.80	-49.49	30.77	30.01	81.29	-12.72	-29.46
Density	0.75	0.98	1.24	1.67	2.04	2.42									

D50 Illuminant, 2 degree observer

Golden Thread

Colors by Munsell Color Services Lab

Don Williams